

MODELO DE NEGOCIO PARA INCENTIVAR EL USO DE BUSES ELÉCTRICOS EN EL VALLE DE ABURRÁ A PARTIR DE LA COMPENSACIÓN VOLUNTARIA DE CARBONO

LAURA NATALIA GIL VELÁSQUEZ

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniera Ambiental

Santiago Ortega Arango

M.Ing de Recursos Hidráulicos



**UNIVERSIDAD EIA
Ingeniería Ambiental
Envigado
2018**

¿Cómo hace uno para buscar respuestas que definan lo imposible? ¿Qué es lo imposible? María lo describió como «una conclusión defectuosa extraída por un observador mal informado, cuya limitada experiencia carece de la información básica para comprender de modo exacto algo que simplemente no está dentro de los parámetros aceptables de lo que es para él la realidad».

Steve Alten

AGRADECIMIENTOS

A mi mamá por el amor, la paciencia el esfuerzo, la dedicación y el apoyo incondicional que me ha brindado desde siempre durante mi formación personal, académica y profesional.

A mi papá Daniel por su amor incondicional, sus enseñanzas y por ser uno de los pilares que me da fuerza para enfrentar mis miedos.

A Elena por ser una fuente de sabiduría y guía para mi durante mi vida y especialmente en este proceso de formación personal y profesional.

A mi director de trabajo de grado Santiago Ortega por su acompañamiento, dedicación y compromiso con este trabajo de grado. Su experiencia, entusiasmo y positivismo fueron grandes motivadores durante el desarrollo de este proyecto.

Al profesor Vladimir Calle por su tiempo y disposición para guiarme desde su experiencia en el desarrollo de este proyecto.

A mis amigos Alejandro Arango, Pablo Hoyos y Ana Diaz por su constante motivación, por compartir conmigo esos momentos de alegrías y tristezas y por impulsarme a seguir mis ideales, sueños y proyectos.

A los demás familiares, amigos, profesores y personas que contribuyeron de una u otra forma no solo a la elaboración de este trabajo de grado, sino también a mi formación profesional y personal.

CONTENIDO

	pág.
1 PRELIMINARES	16
1.1 Planteamiento del problema	16
1.2 Objetivos del proyecto	18
1.2.1 Objetivo General	18
1.2.2 Objetivos Específicos	18
1.3 Marco de referencia	18
1.3.1 Antecedentes	18
1.3.2 Marco teórico.....	25
2 METODOLOGÍA.....	33
2.1 Restricciones e incentivos normativos.....	33
2.2 Tecnologías de buses eléctricos	33
2.3 Metodologías de las Naciones Unidas (ONU) para proyectos MDL del sector transporte.....	34
2.3.1 Desarrollo de la metodología AMS-III.C.....	36
2.4 Selección de la ruta del Caso de estudio.....	38
2.5 Planteamiento del modelo de negocio de compensación voluntaria de carbono	39
2.5.1 Recopilación de experiencias previas en compensación voluntaria de carbono en Colombia	39
2.5.2 Modelo CANVAS de Strategyzer	39
2.5.3 Evaluación financiera del caso de estudio	40
3 PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	41
3.1 Restricciones e incentivos normativos.....	41

3.1.1	Compensación voluntaria de carbono.....	42
3.2	Caso de estudio	44
3.2.1	Tecnologías de buses eléctricos.....	44
3.2.2	Ruta de bus para el caso de estudio	47
3.3	Cálculo de la reducción de emisiones para el caso de estudio seleccionado utilizando la metodología AMS- III.C de la UNFCCC	48
3.3.1	Línea Base de emisiones	49
3.3.2	Emisiones del proyecto	50
3.3.3	Reducción total de emisiones del proyecto.....	50
3.4	Modelo de negocio de compensación voluntaria de carbono	50
3.4.1	Experiencias previas en compensación voluntaria de carbono en Colombia	51
3.4.2	Modelo CANVAS de Strategyzer	54
3.4.3	Resultados de la evaluación financiera del caso de estudio	59
4	CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES	70
	REFERENCIAS	72
	ANEXOS	78

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Descripción de la metodología AMS-III.C de la UNFCCC	34
Tabla 2. Descripción de la metodología AMS-III.S de la UNFCCC	35
Tabla 3. Resumen de las características técnicas de varias referencias de buses eléctricos	44
Tabla 4. Resultados de la línea base de emisiones	49
Tabla 5. Resultado emisiones del proyecto.....	50
Tabla 6. Datos del IPC y el IPP tomados para la evaluación financiera.	60
Tabla 7. Datos de entrada para el modelo financiero del Escenario 1: la empresa de transporte compra el bus diésel.....	62
Tabla 8. Datos de entrada para el modelo financiero del Escenario 2: la empresa de transporte compra el bus eléctrico	62
Tabla 9. Datos de entrada para el modelo financiero de la ONG	63
Tabla 10. Resultados a 10 años del modelo financiero del Escenario 1: la empresa de transporte compra el bus diésel.....	64
Tabla 11. Resultados a 10 años del modelo financiero del Escenario 2: la empresa de transporte compra el bus eléctrico	64
Tabla 12. Resultados a 10 años del modelo financiero de la ONG	64
Tabla 13. Resumen de los resultados financieros para el análisis de 10 años.....	65
Tabla 14. Resumen de los resultados financieros para los análisis de 10 y 15 años	66
Tabla 15. Resultados a 15 años del modelo financiero del Escenario 1: la empresa de transporte compra el bus diésel.....	67
Tabla 16. Resultados a 15 años del modelo financiero del Escenario 2: la empresa de transporte compra el bus eléctrico	67
Tabla 17. Resultados a 15 años del modelo financiero de la ONG	67

Tabla 18. Resumen de los datos del caso base para el análisis de sensibilidad.....	68
Tabla 19. Resultados del análisis de sensibilidad de las variables seleccionadas	68
Tabla 20. Resultados del escenario más favorable de acuerdo con el análisis de sensibilidad	69

LISTA DE ILUSTRACIONES

	pág.
Ilustración 1. Segmentación por tipo de viaje del consumo energético del subsector transporte en Colombia. Imagen tomada de <i>MME & UPME (2016, p. 19)</i>	17
Ilustración 2. Mapa de las ciudades en donde tiene presencia el proyecto ZeEUS. Tomado de ZeEUS (2016, p. 13).	24
Ilustración 3. Estructura de cada uno de los modelos financieros que componen la evaluación financiera	40
Ilustración 4. Enfoques del Sistema de MRV para Colombia. Elaboración propia a partir de MADS et al. (2017).	43
Ilustración 5. Mapa del recorrido que realiza el bus de exposiciones que recoge a los estudiantes de la Universidad EIA.	48
Ilustración 6. Estructura organizacional de la estructura BanCO2 País. Tomada de BanCO2 (2017b).	52
Ilustración 7. Esquema organizacional de la estructura BanCO2 Región. Tomado de BanCO2 (2017b).	52
Ilustración 8. Participantes del componente financiero de la estrategia BanCO2. Elaboración propia a partir de BanCO2 (2017a).	54
Ilustración 9. Planteamiento del modelo de negocio para incentivar el uso de buses eléctricos en el Valle de Aburrá a partir de la compensación voluntaria de carbono.	55
Ilustración 10. Planteamiento del modelo CANVAS para incentivar el uso de un bus eléctrico en la ruta del caso de estudio a partir de la compensación voluntaria de carbono.	56

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo 1. Cálculo de la reducción de emisiones utilizando la metodología AMS-IIIC de la UNFCCC	78
Anexo 2. Modelo CANVAS de Strategyzer	78
Anexo 3. Evaluación financiera.....	78

ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

AMS-III.C	Emission reductions by electric and hybrid vehicles methodology
AMS-III.S	Introduction of low-emission vehicles/technologies to commercial vehicle fleets
AMVA	Área Metropolitana del Valle de Aburrá
BRT	Bus Rapid Transit
CAR	Corporación Autónoma Regional
CE	Comisión Europea
CER	Certified Emission Reduction
CORNARE	Corporación Autónoma Regional de los ríos Negro y Nare
DNP	Departamento Nacional de Planeación
EMPA	Instituto Federal Suizo de Investigaciones y Prueba de Materiales y Tecnologías
EPA	Environmental Protection Agency
GEI	Gases de Efecto Invernadero
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
IETA	International Emissions Trading Association
IPCC	Panel Intergubernamental para el Cambio Climático
MADS	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio

OIMT	Organización Internacional de Maderas Tropicales
ONG	Organización No Gubernamental
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PDD	Project Design Document
PM	Material Particulado
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PROURE	Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y Fuentes No Convencionales
UE	Unión Europea
UITP	International Association of Public Transport
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
VER	Verified Emission Credit
WBCSD	World Business Council for Sustainable Development
WHO	World Health Organization
ZeEUS	Zero Emission Urban System

RESUMEN

El uso de vehículos de combustión interna en el sector transporte contribuye a las emisiones de GEI, estas a su vez intensifican el cambio climático, la contaminación del aire y los efectos negativos en la salud de los seres humanos. Teniendo en cuenta esto, las condiciones topográficas, meteorológicas y antropológicas que se presentan en el Valle de Aburrá, se propone desarrollar un modelo de negocio para incentivar el uso de buses eléctricos en este territorio a partir de la compensación voluntaria de carbono.

Para el planteamiento del modelo de negocio con base en la metodología Canvas de Osterwalder & Pigneur (2010), se identifican los incentivos tributarios y no tributarios existentes en la normatividad colombiana, así como la reglamentación de los mercados voluntarios en el país. Con estos y otros elementos se establecen las variables clave para el desarrollo del modelo, como por ejemplo la tecnología del bus eléctrico, las posibles metodologías para el cálculo de la reducción de emisiones y los recursos, actividades y socios clave a tener en cuenta.

Posteriormente, se evalúa la viabilidad financiera del modelo de negocio propuesto y se realiza la comparación con el *Business as Usual* utilizando los resultados de la reducción de emisiones producida con el cambio de tecnología y las demás variables que plantea el modelo. Adicionalmente, se realiza un análisis de sensibilidad de cinco de las variables del modelo financiero para concluir qué tanto podrían influenciar en los resultados del mismo.

Palabras clave: Electromovilidad, Modelo Canvas, Mercados Voluntarios de Carbono, Valle de Aburrá.

ABSTRACT

The use of internal combustion vehicles as the option for public transport services contributes to increase the amount of Green House Gases (GHG) in the atmosphere and this in turn intensify climate change, air pollution and associated negative effects on human health. Considering these and the topographical, meteorological and anthropogenic conditions that the Aburrá Valley possess, it's proposed the development of a business model to encourage the use of electric buses into this territory as of voluntary carbon offset.

In order to develop an approach of a business model based on the Business Canvas Model of Osterwalder & Pigneur (2010) tributary and non-tributary incentives on the Colombian policies are identified, as well as voluntary carbon market rules in the country. Accordingly, the clue variables for the development of the business model are established, some of these are the electric bus technology, the possible methodologies to calculate the emission reduction and key resources, activities and partnerships to consider.

Afterwards, the financial viability of the proposed business model is assessed and the comparison with the Business as Usual is fulfilled using the emission reduction proceeds from the technology change and other variables that are posed by the model. In addition, a sensibility analysis was performed by switching the values of five variables of the model to define how their influence on the model results.

Keywords: Electromobility, Business Canvas Model, Voluntary Carbon Offset, Aburrá Valley.

INTRODUCCIÓN

La calidad del aire en las ciudades es el resultado de la interacción entre condiciones ambientales naturales y antropogénicas (Mayer, 1999, p. 20). El crecimiento poblacional y la demanda de bienes es una de las principales causas del aumento en la emisión de contaminantes provenientes del sector transporte, la producción de energía y la actividad industrial; todas ellas actividades que utilizan como fuente primaria de energía los combustibles fósiles como carbón, petróleo y gas natural (Gurjar, Butler, Lawrence, & Lelieveld, 2008; Ubilla & Yohannessen, 2017).

A nivel mundial, es el sector transporte el que presenta un rápido crecimiento desde el punto de vista de intensidad energética y emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) siendo el responsable de aproximadamente el 14% del total de las emisiones (EPA, 2014; Rangaraju, De Vroey, Messagie, Mertens, & Van Mierlo, 2015; Ubilla & Yohannessen, 2017). En Colombia, el panorama es el mismo, el sector transporte ocupa junto con el sector de las industrias manufactureras el tercer lugar en emisiones de GEI, 28,2 Mt de CO_{2eq} correspondientes al 11% del total de las emisiones del país (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, & CANCELLERÍA, 2016; Ministerio de Minas y Energía (MME) & Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), 2016).

El Valle de Aburrá, es uno de los territorios a nivel nacional que mayores emisiones genera; esto se puede explicar por que aproximadamente el 60% de la población del departamento de Antioquia se asienta allí; además, Antioquia es el segundo departamento a nivel nacional en emisiones del sector transporte con 3,88 MtCO_{2eq} (16,92%) en el año 2012 después de Bogotá con 6,14 MtCO_{2eq} correspondientes al 57,93% (AMVA, 2017, p. 12; IDEAM et al., 2016, p. 52). A lo anterior, se le suman dos factores más que agravan la situación, es un valle de topografía angosta y semi-cerrada y presenta condiciones meteorológicas de estabilidad atmosférica y baja ventilación. De acuerdo con los resultados del trabajo de grado de Lopera Gomez & Ortega Arango (2016), se estima que en el año 2015 en el Valle de Aburrá fueron emitidas 8,31Mt de CO_{2-eq}, de las cuales el sector transporte contribuye con un 30,27% (2,52 Mt de CO_{2-eq}).

En vista de esto, se propone desarrollar un modelo de negocio de compensación voluntaria de carbono, que incentive la implementación de nuevas tecnologías limpias en el sector del transporte público del Valle de Aburrá, con el fin de contribuir a la disminución de las emisiones de GEI, al mejoramiento de la calidad de vida y salud de los ciudadanos, y darle poder a estos para que contribuyan, junto con el estado y las empresas, al desarrollo del sistema de transporte masivo de la ciudad.

El planteamiento de este modelo se basa en, (a) los incentivos normativos tributarios y no tributarios al igual que en la reglamentación existente en Colombia para los mercados de carbono; (b) el reconocimiento de las variables clave para un modelo de negocio, enmarcado en la propuesta de un caso de estudio de una ruta de transporte especial de pasajeros, la ruta de Exposiciones de la Universidad EIA; (c) la cuantificación de la reducción de emisiones para el caso de estudio acorde con la metodología AMS-III.C de la UNFCCC; (d) el desarrollo del modelo de negocio con base en la metodología Canvas de Osterwalder & Pigneur (2010) y las experiencias previas de mercados voluntarios en el país;

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

y (e) adicional a lo anterior, se realiza una evaluación financiera para el caso de estudio y un análisis de sensibilidad para cinco de las variables del modelo.

Finalmente, se obtiene como resultado el Canvas del modelo de negocio para el caso de estudio seleccionado; la evaluación financiera de este, la cual permite comparar los resultados del negocio tal cual como es usualmente con el modelo de negocio que se plantea en este trabajo de grado; y el análisis de sensibilidad con el cual se identificaron cinco de las variables que tienen mayor influencia en los resultados financieros del modelo, siendo estas el precio del bono de carbono, el precio del bus eléctrico, la tasa de interés del préstamo; la tarifa del bus y el precio de la energía. Según los resultados obtenidos, el modelo de negocio puede ser replicable para otros casos de estudio.

1 PRELIMINARES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La calidad del aire en las ciudades es el resultado de la interacción entre condiciones ambientales naturales y antropogénicas (Mayer, 1999, p. 20). Es por esto que las urbes más densamente pobladas, tales como Nueva Delhi, El Cairo, Beijing, París, Santiago de Chile y Ciudad de México, son las que actualmente presentan mayores problemas de contaminación atmosférica (Brinkhoff, 2017; WHO, 2017). Una de las causas es la rápida urbanización por el crecimiento poblacional, lo que provoca el aumento de las emisiones de contaminantes atmosféricos que provienen, especialmente, del sector transporte, la producción de energía y la actividad industrial; todas ellas, actividades que utilizan como fuente primaria de energía los combustibles fósiles como carbón, petróleo y gas natural (Gurjar et al., 2008; Ubilla & Yohannessen, 2017).

El Material Particulado (PM), el ozono (O_3), los óxidos de nitrógeno (NO_x) y azufre (SO_x), son algunos de los contaminantes criterio, primarios o secundarios, derivados de los procesos de combustión de dichos combustibles fósiles (Ubilla & Yohannessen, 2017). Estos contaminantes, están asociados a un amplio espectro de enfermedades agudas y crónicas como el cáncer de pulmón, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y las enfermedades cardiovasculares; de las cuales se estima que el 25%, el 8% y el 15% de ellas, respectivamente, han sido causadas por los altos niveles de concentración de estos contaminantes en la atmósfera (WHO, 2016).

El sector transporte es uno de los que presenta un rápido crecimiento desde el punto de vista de intensidad energética y emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en el mundo (Rangaraju et al., 2015). Es el responsable del 14% de los GEI producidos a nivel mundial; donde están incluidos el PM, O_3 , NO_x , SO_x y el dióxido de carbono (CO_2), contaminantes que, como ya se mencionó anteriormente, atentan contra la salud del ser humano (EPA, 2014; Ubilla & Yohannessen, 2017, p. 113). En Colombia el subsector del sector transporte que mayor consumo de energía tiene es el carretero con un 88% según los datos presentados por Ministerio de Minas y Energía (MME) & Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) (2016, p. 19).

En cuestión de emisiones de GEI, en Colombia el sector transporte junto con el sector de las industrias manufactureras ocupan el tercer lugar con 28,2 Mt de CO_{2eq} , correspondientes al 11% del total de las emisiones del país; el primer y segundo puesto, lo ocupan el sector forestal y el agropecuario con el 36% y el 26% de las emisiones respectivamente (IDEAM et al., 2016, p. 52). Entre los años 1990 y 2012, los sectores agropecuario, forestal y de transporte son los que han presentado un mayor aporte en el total de las emisiones nacionales (IDEAM et al., 2016, p. 35). Para el año 2017, las emisiones estimadas del sector transporte a nivel nacional fueron 20,1 Mt de CO_{2eq} , de las cuales 1,8 Mt de CO_{2eq} proceden de buses, busetas y microbuses (Ministerio de Transporte, 2017).

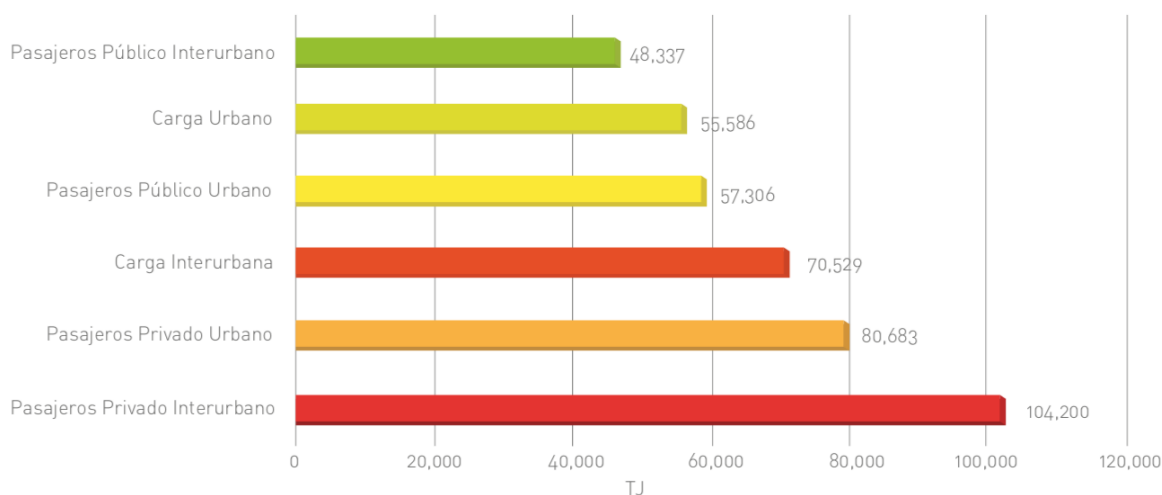


Ilustración 1. Segmentación por tipo de viaje del consumo energético del subsector transporte en Colombia. Imagen tomada de *MME & UPME (2016, p. 19)*.

Los datos históricos de 1990 a 2012 muestran que han sido Bogotá y Antioquia los territorios con mayores emisiones en el sector transporte siendo estas 6,14 Mt de CO_{2eq} y 3,88 Mt de CO_{2eq} respectivamente, siendo esto coherente con la cantidad de habitantes que viven allí (IDEAM et al., 2016). Dichas emisiones del sector transporte en Antioquia corresponden al 16,92% de las emisiones totales de GEI en el departamento; el 74% de estas emisiones provienen del movimiento de carga y el servicio público de pasajeros (IDEAM et al., 2016, pp. 66, 67). Medellín y en general el Valle de Aburrá alberga el 60% de la población total del departamento, convirtiéndolo en uno de los territorios con mayores emisiones dentro del departamento (IDEAM et al., 2016, pp. 66, 67).

En el Valle de Aburrá se han presentado episodios críticos de contaminación atmosférica en los últimos años, esto se debe principalmente a tres factores: su topografía (angosto y semi-cerrado), las condiciones de estabilidad atmosférica y baja ventilación, y las emisiones de origen antropogénico generadas por una región altamente poblada (Junta del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2016, p. 6). De los tres factores anteriores, el único que se puede controlar es el de las emisiones provenientes de las actividades humanas, especialmente las del sector transporte, pues como ya se vio anteriormente es uno de los más críticos a nivel local, regional y nacional.

De acuerdo con los resultados del trabajo de grado de Lopera Gomez & Ortega Arango (2016), se estima que en el año 2015 fueron emitidas en el Valle de Aburrá 8,31Mt de CO_{2eq} dentro de las cuales el sector transporte contribuye con un 30,27% (2,52 Mt de CO_{2eq}). Según AMVA (2017) en el mismo año, las emisiones de PM_{2.5} provenientes de las fuentes móviles en el Valle de Aburrá representaron el 79% de las emisiones totales y el 10% de estas corresponden a buses, busetas y microbuses. A pesar de que en el Valle predominan los automóviles particulares y las motocicletas, son los vehículos que prestan el servicio de transporte público los que generan, en proporción, más emisiones que automóviles y motocicletas juntas (AMVA-UPB, 2015; Ministerio de Transporte, 2017).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

En consecuencia, teniendo en cuenta este panorama local y los elementos en común con la situación nacional e internacional, se ve como una oportunidad en el sector transporte proponer un modelo de negocio de compensación voluntaria de carbono que incentive la implementación de nuevas tecnologías limpias en el sector del transporte público, de tal manera que se contribuya a la disminución de las emisiones de GEI en el Valle de Aburrá y al mejoramiento de la calidad de vida y salud de los ciudadanos desincentivando el uso del transporte particular promoviendo el transporte colectivo.

1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.2.1 Objetivo General

Desarrollar un modelo de negocio para incentivar el uso de buses eléctricos en el Valle de Aburrá a partir de la compensación voluntaria de carbono.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Revisar el marco normativo referente a transporte de pasajeros y compensación de carbono en Colombia.
- Establecer las variables y parámetros base para el planteamiento del modelo de negocio a partir del estado del arte y el análisis de buses de servicio público especial en Medellín.
- Cuantificar la reducción de emisiones para una ruta específica de servicio público especial en la ciudad de Medellín.
- Plantear un modelo de negocio de compensación voluntaria de carbono basándose en experiencias previas.

1.3 MARCO DE REFERENCIA

1.3.1 Antecedentes

1.3.1.1 BanCO2

BanCO₂ es una estrategia de pago por servicios ambientales que permite a las empresas, instituciones y ciudadanos, a través del portal web www.banco2.com, calcular y compensar su huella de carbono, promoviendo la conservación de los bosques naturales de la región y mejorando la calidad de vida de los campesinos que allí viven. (Federación Nacional de Cafeteros, s. f.)

Fue creado por la Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los ríos Negro y Nare (CORNARE) como un banco de servicios ambientales comunitarios que busca (a) la conservación de las zonas de interés ecosistémico de la región y su biodiversidad, (b) la restauración de ecosistemas, (c) la implementación de proyectos forestales sostenibles y

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

(d) el mejoramiento de la calidad de los campesinos propietarios de los bosques (Zuluaga, 2014, p. 34).

Lo anterior, se logra a través de la financiación por el esquema de pagos por servicios ambientales y la compensación voluntaria de personas naturales y empresas que quieran mitigar su huella de carbono (Federación Nacional de Cafeteros, s. f.). También, las empresas que requieren por ley hacer compensaciones obligatorias lo pueden hacer utilizando BanCO₂ siguiendo el “Manual de compensación por pérdida de biodiversidad” (Zuluaga, 2014).

El objetivo es reconocerles a los campesinos el valor del costo/oportunidad que les genera su gran riqueza natural, y todos los servicios ecosistémicos que le brindan a la humanidad al proteger los bosques y otras zonas de interés ecosistémico; entregándoles entre \$200.000 y \$600.000 mensuales, dependiendo de la vinculación de las empresas y ciudadanos que compensan su contaminación al medio ambiente con BanCO₂. (Federación Nacional de Cafeteros, s. f.)

CORNARE se basó en experiencias previas como el “*Modelo de financiación alternativo para el manejo sostenible de los bosques de San Nicolás*”, en donde se definió el potencial que los Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) pueden ofrecer al manejo sostenible de los bosques; y también en “*Protocolo para la Estimación Nacional y Subnacional de Biomasa-Carbono en Colombia*” desarrollado por el IDEAM, mediante los cuales se valoró la cantidad de carbono por hectárea almacenada en los bosques de la jurisdicción de CORNARE (Federación Nacional de Cafeteros, s. f.; Zuluaga, 2014, p. 35).

Se estima que “la región cubierta por CORNARE posee alrededor de 319.107 hectáreas en bosques naturales, que pueden capturar de manera aproximada 95 millones de toneladas de CO₂ y, a su vez, albergan una alta biodiversidad de flora y fauna” (Zuluaga, 2014, p. 36). Se ve entonces, el potencial de mitigación y adaptación al cambio climático que puede brindar la conservación de estas zonas boscosas, así como los beneficios sociales que traería para los campesinos el emplearse como entes conservadores de sus bosques.

Los campesinos que pueden verse beneficiados por el proyecto son “*todos aquellos que poseen en sus predios áreas de bosques naturales en conservación y que obtienen su sustento de vida de las actividades agrícolas y pecuarias de pequeña escala*” (Zuluaga, 2014, p. 38). Además de esto, deben cumplir con los siguientes requisitos:

1. Poseer:

- a) Bosques naturales localizados en predios ubicados dentro del sistema de Áreas Protegidas y Reserva Forestal de Ley 2ª de 1959, siempre y cuando hayan sido titulados antes de la declaratoria del área;
- b) bosques naturales localizados en las cuencas hidrográficas que surten acueductos poblacionales;
- c) bosques naturales en áreas de reservas municipales, regionales o de la sociedad civil; o
- d) bosques remanentes de gran valor biológico o ecosistémico.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

2. Ser propietarios o poseedores de los predios, lo cual debe ser soportado con los respectivos documentos de tenencia.
3. Que habiten en el predio o muy cerca de él, para garantizar el cuidado de las áreas compensadas.

A su vez, los campesinos que se acogen al sistema de BanCO₂, se comprometen a:

- Ser socios de BanCO₂, estrategia de pago por Servicios Ambientales Comunitarios.
- Permitir que la información del predio y del usuario sea dispuesta a través de la plataforma www.banco2.com, por parte de las personas interesadas y que harán parte del proyecto.
- Mantener bajo conservación el área total de bosques existente en el predio.
- Participar de los proyectos forestales sostenibles y productivos.
- Permitir el establecimiento de parcelas en el bosque y hacer la recolección de información que se requiera.
- Reportar a CORNARE cualquier acción que pueda perjudicar la conservación del bosque.
- No enajenar ni comercializar el beneficio adquirido a través de BanCO₂.
- Acogerse a la metodología establecida por CORNARE.

Los recursos recibidos se gestionan a través del Fondo BanCO₂ establecido en Bancolombia (uno de sus patrocinadores), es un sistema especial de manejo de cuenta de MASBOSQUES (una entidad sin ánimo de lucro con capital mixto) creada en el 2003 y financiada por CORNARE, el Instituto Federal Suizo de Investigación y Prueba de Materiales y Tecnologías (EMPA) y la Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT) (Federación Nacional de Cafeteros, s. f.). Este fondo no tiene personería jurídica, es de patrimonio independiente, sin estructura administrativa ni planta de personal, y lo pueden operar en los 26 municipios del Oriente Antioqueño que conforman la jurisdicción de CORNARE (Federación Nacional de Cafeteros, s. f.).

La cuenta especial se encarga de recaudar y distribuir los recursos que ingresan para el cumplimiento de los objetivos del proyecto y su administración (Zuluaga, 2014). Los recursos que recibe pueden provenir de multas por daños ambientales; aportes del Plan de Inversiones del 1% de proyectos del recurso hídrico; aportes voluntarios de ciudadanos para la compensación de emisiones de CO₂; donaciones voluntarias o aportes de entidades e instituciones (Federación Nacional de Cafeteros, s. f.).

Los campesinos pueden recibir incentivos tanto con fines de conservación como con fines de restauración; no son excluyentes y la única condición que existe es que el beneficio recibido no exceda un salario mínimo mensual vigente (Zuluaga, 2014, p. 42). El incentivo por conservación se otorga hasta por un máximo de tres hectáreas de bosque natural, sin embargo, el compromiso del campesino es el de conservar el área total de bosque que exista en el predio; el incentivo por restauración busca promover la restauración pasiva

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

(regeneración natural), o activa por medio de enriquecimiento con especies nativas (Zuluaga, 2014, p. 42).

Los resultados que se esperan de la iniciativa son (a) mitigación y adaptación al cambio climático; (b) contribución al desarrollo sostenible y al mejoramiento de la calidad de vida de los campesinos dueños del bosque; (c) protección, conservación y mejoramiento de la biodiversidad; y (d) generación de reducciones de carbono cuantificables mediante créditos de carbono verificados (mercado voluntario).

Finalmente, con el propósito de incentivar la compensación, y para que las personas se motiven a realizar la compensación de las zonas de interés ecosistémico año tras año, el proyecto desarrolló la Tarjeta BanCO₂, la cual otorga beneficios en descuentos especiales en el área de comercio a quien la adquiera y la presente a los establecimientos vinculados al proyecto (Zuluaga, 2014). La Tarjeta Azul se concede a los participantes que en un año aporten entre \$ 80.000 y \$ 159.000 y la Tarjeta Verde a los que aporten más de \$ 160.000 al año (Zuluaga, 2014).

1.3.1.2 *ConTREEbute*

Es una empresa antioqueña fundada en el año 2009 que se dedica a desarrollar estrategias de sostenibilidad dirigidas a personas y empresas con el fin de promover cultura sostenible (conTREEbute, 2017). Esta empresa tiene como una de sus unidades de negocio la compensación, área en la que desde el 2010 ha diseñado diferentes proyectos de compensación según las necesidades de sus clientes.

Por ejemplo, en el 2010 ConTREEbute junto con CORNARE sembraron 200.000 árboles en territorios de la jurisdicción de dicha Corporación Autónoma (Zuluaga Gómez, 2010). Para el Grupo Éxito, realizó la siembra de árboles para compensar la huella de carbono de los clientes de Almacenes Éxito, Carulla y Pomona, los cuales al redimir sus puntos podían realizar la compra de los árboles necesarios para realizar la compensación (Grupo Éxito, 2010, p. 84).

Actualmente, la unidad de negocio “Compensación y Conservación” entró a representar una mayor participación en los ingresos económicos de la empresa, con proyectos como “Compensaciones por pérdida de biodiversidad” para Cementos Argos, en donde le brinda asesoría y acompañamiento en sus planes de compensación ambiental con EPA en la zona urbana de Cartagena, la reforestación de 25 hectáreas de especies nativas en Santander de Quilichao, Cauca con la CRC y la siembra de 35 hectáreas de plantaciones protectoras y cercos vivos en Manatí, Atlántico (conTREEbute, 2017, p. 17 y 20).

1.3.1.3 *Proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)*

El MDL es un instrumento innovador fruto del Protocolo de Kyoto basado en el mercado de reducción de emisiones de GEI; este mecanismo permite a los países industrializados, comprometidos con este fin, implementar Proyectos y Programas de Actividades en los territorios de los países en vías de desarrollo. Los proyectos MDL pueden ser desarrollados en los diferentes sectores productivos como el industrial, energético, forestal, de residuos y de transporte (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

De acuerdo con el buscador de Proyectos MDL de la UNFCCC (2018), en Colombia se han propuesto 68 MDL en sectores como distribución de energía, las industrias energética, química y manufacturera, manejo y disposición de residuos, forestación y reforestación y en el sector transporte. En este último hay seis proyectos, a continuación, se menciona cada uno de ellos.

1.3.1.3.1 BRT Transmetro Barranquilla

De acuerdo con el informe de UNFCCC (2012a) es un proyecto de gran escala desarrollado bajo la metodología AM0031 de la Organización de las Naciones Unidas (ONU o UN por sus siglas en inglés). Tiene como propósito implementar sistemas de BRT en la ciudad de Barranquilla con BRT Euro IV, lo que le permite aumentar la capacidad de pasajeros transportados por viaje, mejorar la eficiencia energética del servicio de transporte y espera reducir con la implementación del proyecto 55.828 tCO_{2-eq} al año. La inversión aproximada por kilómetro es de 2,6 millones de USD.

1.3.1.3.2 Metrocable Medellín

De acuerdo con el informe de UNFCCC (2013) es un proyecto de pequeña escala desarrollado bajo la metodología AMS-III.U. de las Naciones Unidas. Tiene como objetivo realizar la construcción de seis metrocables en Medellín, Línea k, Línea J, Parque Arví, Centro occidental, La Sierra y El Pinal. Se espera reducir con la implementación del proyecto 17.290 tCO_{2-eq} al año. La inversión aproximada por kilómetro es de 5 a 10 millones de USD.

1.3.1.3.3 BRT Bogotá, TransMilenio fase 2 a 4

De acuerdo con el informe de UNFCCC (2006a) es un proyecto de gran escala, que está en periodo de renovación de acreditación desde el 01 de enero de 2013 hasta el 31 de diciembre de 2019. Se basa en la metodología AM0031 de la ONU. Tiene como propósito, establecer un sistema de transporte público masivo sostenible basado en el sistema de BRT, presentando las Fase 2 a 4 como continuación de la Fase 1. Se espera reducir con la implementación del proyecto 578.918 tCO_{2-eq} al año.

1.3.1.3.4 BRT MIO Cali

Este proyecto busca establecer un sistema de BRT similar al TransMilenio de Bogotá en la ciudad de Cali, implementando rutas de alimentadores, troncales y pre-troncales. Fue desarrollado bajo la metodología AM0031 de la ONU y espera reducir 242.187 tCO_{2-eq} al año con una inversión total de 404 millones de USD (UNFCCC, 2012c).

1.3.1.3.5 BRT MEGABUS Pereira

Proyecto planteado bajo la metodología AM0031 para establecer el SITM (Sistema Integrado de Transporte Masivo para el Área Metropolitana de Centro Occidente) bajo el esquema de BRT en la ciudad de Pereira. Se esperan reducir 33.956 tCO_{2-eq} al año con una inversión total de 60 millones USD (UNFCCC, 2012b).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

1.3.1.3.6 BRT Metroplus Medellín

Este proyecto tiene como objetivo poner en marcha un sistema de transporte masivo con base en el sistema BRT para ofrecerle a los habitantes del Valle de Aburrá eficiencia, seguridad, rapidez, conveniencia y comodidad en sus desplazamientos (UNFCCC, 2006b). Se espera reducir 123,479 tCO₂ por año con una inversión por kilómetro de 3,3 millones USD (UNFCCC, 2006b).

1.3.1.4 ZeEUS

Zero Emission Urban System (ZeEUS), es el proyecto europeo más importante que se centra en los autobuses eléctricos, con más de 40 participantes en el consorcio que representan toda la cadena de valor eBus y liderados por UITP (International Association of Public Transport). Cuentan con un presupuesto de aproximadamente 22 millones de euros, de los cuales la Comisión Europea (CE) cofinancia 13,5 millones (ZeEUS, 2016). El proyecto tiene una duración de 42 meses, empezando en noviembre de 2013 y terminando en abril de 2017 (ZeEUS, 2016).

Fue creado a la luz del Acuerdo de París alcanzado en la COP 21, el cual derivó en la estrategia de la Unión de la Energía adoptada por la Unión Europea en el 2015, donde una de las prioridades es la descarbonización del transporte, debido a que este sector contribuye alrededor de un cuarto del total de las emisiones de GEI en la Unión Europea (ZeEUS, 2016).

La Unión Europea (UE), vio en la electrificación del transporte una oportunidad para cumplir los objetivos de reducir las emisiones de CO₂, también de diversificar las fuentes de energía y mejorar la calidad del aire (ZeEUS, 2016). Así como también vieron una oportunidad para el crecimiento económico puesto que se espera que los mercados para soluciones de transporte y movilidad inteligentes y limpias crezcan fuertemente (ZeEUS, 2016). Este proyecto, les permite demostrar la viabilidad económica, ambiental y social de los sistemas eléctricos de autobuses urbanos, así como abre puertas a la aceptación de soluciones de movilidad eléctrica para los autobuses y el desarrollo de productos en serie para la implementación en el mercado (ZeEUS, 2016).

ZeEUS está probando tecnologías innovadoras de autobuses eléctricos con diferentes soluciones de infraestructura de carga en diez sitios de demostración en toda Europa. Gracias a las variadas características geográficas y topográficas, las demostraciones ZeEUS validan la viabilidad económica, ambiental y social de las soluciones eléctricas. (ZeEUS, 2014)

El consorcio ZeEUS representa a todo el espectro de partes interesadas: autoridades y operadores de transporte público, fabricantes de autobuses, proveedores de la industria, proveedores de energía, asociaciones nacionales e internacionales, centros de investigación y consultorías. Además, el proyecto ZeEUS sigue de cerca el desarrollo de sistemas de autobuses eléctricos en todo el mundo a través del Observatorio ZeEUS. (ZeEUS, 2014)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Finalmente, como una de las conclusiones hasta ahora publicadas por ZeEUS (2016), es que para el período de agosto de 2015 a agosto de 2016, el número de vehículos aumentó de 12 a 32, los datos de este período muestran que el rendimiento del vehículo ascendió a 597.161 km, lo que ahorró 226,921 litros de diésel y 519 tCO₂-eq.



La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

1.3.2 Marco teórico

1.3.2.1 *Compensación de carbono*

La compensación de carbono es una reducción o secuestro medible de emisiones de GEI; generalmente se plantean por medio de proyectos o actividades específicas que permiten a las personas o empresas reducir o secuestrar GEI de los que son responsables en su vida cotidiana, su huella de carbono (Ramseur, 2009; Responsible Purchasing Network & Carbon Fund, 2009).

Estos proyectos, deben demostrar que al ser implementados se obtiene una reducción de emisiones significativa comparado con las emisiones que tienen las prácticas habituales anteriores a la implementación del proyecto (National Treasury, 2014). Suelen dividirse en cuatro categorías: captura biológica de carbono (reforestación), energías renovables, eficiencia energética y reducción de emisiones. La unidad de medida estándar utilizada para medir la reducción o secuestro de carbono, es toneladas métricas de CO₂ equivalente (t CO₂-eq) (Ramseur, 2009).

De acuerdo con International Emissions Trading Association [IETA] (s.f.) “las reducciones en las emisiones de carbono se cuantifican midiendo la cantidad de emisiones de GEI emitidas en un proyecto registrado y comparando esas emisiones con aquellas que se habrían emitido si el proyecto no se hubiera implementado”.

1.3.2.1.1 *Principios de la compensación de carbono*

Para que las compensaciones de carbono puedan recibir créditos negociables, deben regirse por una serie de principios; estos son establecidos mediante los estándares de las entidades que proporcionan los créditos.

Los tres primeros principios de la lista que aparece a continuación, descritos por National Treasury (2014, p. 13), son fundamentales para garantizar la credibilidad de los proyectos de compensación de carbono; estos son:

- ∞ **Adicional:** la reducción de emisiones de GEI que entrega el proyecto de compensación de carbono es adicional, es decir, no hubiera sido factible bajo circunstancias de negocio normales.
- ∞ **Permanencia:** la reducción de emisiones de GEI entregada por el proyecto es permanente y es poco probable que se revierta. Se pueden incorporar garantías adicionales para compensar posibles reversiones.
- ∞ **Real:** las compensaciones de emisión de GEI entregadas se originan dentro de proyectos físicos tangibles, con la prueba de que han ocurrido u ocurrirán en un punto específico en el tiempo.
- ∞ **Medible:** las reducciones de emisiones de GEI entregadas son cuantificables por metodologías aprobadas.
- ∞ **Monitoreo y verificación:** la entrega de la reducción de emisiones de GEI debe ser monitoreada por un verificador externo independiente con la experiencia local y sectorial apropiada. Los requisitos de acreditación para los validadores potenciales

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

deben ser estrictos, con el fin de garantizar que tengan suficiente experiencia y competencias para cumplir con sus tareas.

- ∞ **Fuga:** el proyecto de compensación de carbono debe garantizar que la reducción de las emisiones de GEI entregadas no cause fugas, es decir, emisiones adicionales o mayores fuera del límite del proyecto.
- ∞ **Doble conteo:** se debe garantizar que la reducción de emisiones de GEI del proyecto ocurra fuera del alcance de las actividades gravables para evitar el doble conteo de emisiones. Los proyectos deben inscribirse dentro de un registro específico para evitar el uso de la misma compensación dos veces.
- ∞ **Sincronización:** los períodos de tiempo para los flujos de compensación de emisiones deben coincidir con el flujo de emisiones o las emisiones antiguas. Se debe usar una contabilidad rigurosa y conservadora para calcular las líneas de base y establecer límites.
- ∞ **Aplicabilidad:** las compensaciones entregadas por el proyecto deben estar respaldadas por instrumentos legales que reconocen la validez de las compensaciones creadas, proporcionan transparencia del sistema MRV (Medir, Reportar y Verificar) y aseguran la propiedad exclusiva.
- ∞ **Co-beneficios:** además de reducir las emisiones de GEI y mitigar los efectos del cambio climático, los proyectos de compensación deberían tener el potencial de proporcionar beneficios sociales y económicos adicionales.

1.3.2.2 Tipos de mercado de la compensación de carbono

1.3.2.2.1 Mercado de cumplimiento

Son creados y regulados por regímenes de reducción de carbono nacionales, regionales o internacionales obligatorios. Los sistemas de *Cap-and-Trade* son aquellos donde se comercializan los derechos de emisión basándose en (a) la fijación de un tope de derechos de emisión para cada agente y (b) la transferencia económica por cada uno de esos derechos de emisión entre agentes; algunos de los sistemas que se han desarrollado son: el Esquema de Comercio de Emisiones de la Unión Europea (EU ETS por sus siglas en inglés); el Esquema de Reducción de GEI de Nueva Gales del Sur (NSW GHGAS); la Iniciativa Regional de Gases de Efecto Invernadero (RGGI); la Iniciativa Climática Occidental (WCI); y el comercio de emisiones bajo el Protocolo de Kioto.

La EU ETS fue creada desde el año 2005 por los 15 estados miembros originales de la UE, bajo el esquema de ‘burbuja’ que propuso el Protocolo de Kioto para los países del Anexo I, en donde se les otorga un límite global de emisiones, se trata como una unidad única de cumplimiento y les permite el intercambio de las concesiones de emisiones entre los países miembro (Kollmuss, Zink, & Polycarp, 2008, p. 4).

El Esquema de Reducción de GEI de Nueva Gales del Sur (NSW GHGAS), es un programa establecido en el año 2003 en Australia, tiene como objetivo reducir las emisiones de gases de efecto invernadero del sector eléctrico; utiliza las Actividades Basadas en Proyectos (PBA por sus siglas en inglés) para compensar la producción de emisiones de gases de efecto invernadero (Kollmuss et al., 2008, p. 4). Otro ejemplo, es la RGGI, programa de *Cap-and-Trade* regional multi-estatal del sector eléctrico en el noreste de los Estados Unidos.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

A su vez, la WCI es una colaboración entre cinco estados del occidente de los Estados Unidos y la provincia Columbia Británica de Canadá, lanzada a principios del 2007. La iniciativa estableció el objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 15% de los niveles de 2005 para 2020 y requiere que los socios desarrollen un mecanismo multisectorial basado en el mercado, para ayudar a lograr ese objetivo y participar en un registro transfronterizo de GEI (Kollmuss, Zink, & Polycarp, 2008, p. 5).

Por otro lado, se tienen los mecanismos creados en el Protocolo de Kioto, diferente al de la 'burbuja', que permiten a los países inscritos intercambiar Créditos de Carbono o Unidades de Reducción de Emisiones (CERs). Estos son los Derechos de Emisión (ET por sus siglas en inglés), la Implementación Conjunta (JI) y los MDL (Stockholm Environment Institute [SEI] & Greenhouse Gas Management Institute [GHG], 2011a).

Los derechos de emisión o comercio de emisiones (ET), como su nombre lo dice, permiten a los países del Anexo II vender el exceso de "emisiones disponibles no utilizadas" a otros países que hayan excedido los límites de emisión fijados para ellos. A esta unidad de transacción comercial se le llamó Unidades de Cantidad Asignadas (AAUs) (UN, 2014a)

La implementación conjunta (JI) por tu parte,

Permite que un país que en virtud del Protocolo de Kioto se haya comprometido a reducir o limitar sus emisiones (Parte del Anexo B) gane unidades de reducción de las emisiones generadas en un proyecto de reducción o eliminación de las emisiones de otra Parte del Anexo B, cada una de ellas equivalente a una tonelada de CO₂-eq, que cuenta para el logro de su meta de Kioto. (UN, 2014b)

Este mecanismo, al no ser estrictamente un sistema de referencia y crédito, sino también un sistema de límite e intercambio donde las unidades negociables se denominan Unidades de Reducción de Emisiones (ERU), ofrecen a las partes un medio flexible y rentable de cumplir parte de sus compromisos de reducción (Kollmuss et al., 2008; UN, 2014b).

- Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)

Los Mecanismos de Desarrollo Limpio (*Clean Development Mechanism - CDM*), están

Definidos en el artículo 12 del Protocolo, permiten que un país que en virtud del Protocolo de Kioto haya asumido el compromiso de reducir o limitar las emisiones (Parte del anexo B) ponga en práctica proyectos de reducción de las emisiones en países en desarrollo. A través de tales proyectos se pueden conseguir créditos por reducciones certificadas de las emisiones (CERs), cada uno de los cuales equivale a una tonelada de CO₂-eq, que cuenta para el cumplimiento de las metas. (UN, 2014b)

Muchos consideran que el mecanismo es pionero. Es el primer plan mundial de inversión y crédito ambiental de su clase, y sirve de instrumento para compensar las emisiones normalizadas. Una actividad de un proyecto del MDL puede consistir, por ejemplo, en un proyecto de electrificación en el que se usen paneles solares, o la instalación de calderas de menos consumo. El mecanismo fomenta el desarrollo

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

sostenible y la reducción de las emisiones al mismo tiempo que da cierta flexibilidad a los países industrializados a la hora de elegir la forma en que quieren alcanzar sus metas de reducción o limitación de las emisiones. (UN, 2014b)

Además de ofrecer las CERs al sector público y privado de los países desarrollados por desarrollo de proyectos MDL en países en desarrollo, los MDL también establecen estándares para el desarrollo de los mismos y realizan el proceso de verificación de la reducción de emisiones (Stockholm Environment Institute [SEI] & Greenhouse Gas Management Institute [GHG], 2011c). Las CERs son verificadas y certificadas por terceros autorizados; las normas son estrictas y sólidas, pero tienen altos costos de transacción, por lo que generalmente solo se registran proyectos grandes (Stockholm Environment Institute [SEI] & Greenhouse Gas Management Institute [GHG], 2011c).

1.3.2.2.2 Mercados Voluntarios de Carbono

Funcionan independientes de los mercados de cumplimiento, permitiendo a empresas, gobiernos, ONGs y personas comprar compensaciones de carbono de forma voluntaria sin estar bajo ningún sistema de regulación a nivel local, regional o internacional. Como no tiene un ente regulador específico, es una mezcla de muchos tipos diferentes de actividades, actores y estándares que permiten medir, reportar y verificar las emisiones de CO₂-eq reducidas por los proyectos (Stockholm Environment Institute [SEI] & Greenhouse Gas Management Institute [GHG], 2011a).

Las motivaciones para participar en este mercado varían, pueden ser desde mejorar, mantener o promover relaciones públicas corporativas; el cumplimiento de los códigos éticos de las entidades, corporaciones o personas naturales; ir más allá de lo que exige la ley en términos de reducción de emisiones; prepararse para acciones de cumplimiento futuras esperadas; o la introducción de un sistema de intercambio (Stockholm Environment Institute [SEI] & Greenhouse Gas Management Institute [GHG], 2011d).

Las compensaciones que se hacen bajo este esquema son denominadas Verified Emissions Credits (VERs); las personas, entidades o gobiernos que utilizan los mercados voluntarios pueden decidir entre comprar VERs y CERs (Stockholm Environment Institute [SEI] & Greenhouse Gas Management Institute [GHG], 2011c).

Los mercados voluntarios pueden servir como un campo de prueba para nuevos procedimientos, metodologías y tecnologías que luego pueden incluirse en los esquemas regulatorios; permiten la experimentación y la innovación porque los proyectos se pueden implementar con menores costos de transacción que un MDL u otros proyectos de mercado de cumplimiento (Kollmuss et al., 2008, p. 6).

Además, sirven como un nicho para microproyectos que ayudan a reducir emisiones, pero son demasiado pequeños para justificar la carga administrativa del MDL o para proyectos que actualmente no están cubiertos bajo esquemas de cumplimiento, como los establecidos en países sin un objetivo de Kioto o reducciones que no son elegibles para el MDL por razones formales distintas de la calidad (Kollmuss et al., 2008, p. 6 y 13).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

1.3.2.2.3 *Programas y estándares para la compensación de carbono*

Los estándares establecen los criterios por los cuales los proyectos son elegidos y evaluados, por ejemplo, el tipo de proyecto, los principios la compensación de carbono y la sostenibilidad (Stockholm Environment Institute [SEI] & Greenhouse Gas Management Institute [GHG], 2011c).

Pueden incluir protocolos, metodologías y documentos de orientación para la cuantificación, el monitoreo y la generación de informes de la reducción de los GEI; sin embargo, al no tener un organismo regulador asociado, el uso de un estándar no es suficiente para garantizar la calidad de los créditos de compensación (Stockholm Environment Institute [SEI] & Greenhouse Gas Management Institute [GHG], 2011b).

Para esto, es necesario la validación y la verificación del estándar; la primera consiste en el monitoreo y la revisión periódica de los proyectos en curso, además de una evaluación después de que el período del proyecto haya finalizado; la segunda asegura que el proyecto cumple con los objetivos y funciona correctamente (Stockholm Environment Institute [SEI] & Greenhouse Gas Management Institute [GHG], 2011c).

- Algunos de los programas y estándares utilizados para los mercados voluntarios son:

The Golden Standard (GS) fue desarrollado por un grupo de organizaciones ambientales y sociales sin fines de lucro para fortalecer los beneficios sociales y ambientales de los proyectos de compensación de carbono. Gold Standard puede usarse tanto para proyectos voluntarios como para proyectos MDL. Tiene un proceso de partes interesadas muy desarrollado y destaca los beneficios colaterales ambientales y socioeconómicos para las comunidades de acogida (Kollmuss et al., 2008).

The Climate, Community & Biodiversity Standards (CCBS) se enfoca exclusivamente en proyectos de bio-secuestro y enfatizan en los beneficios sociales y ambientales de dichos proyectos. CCBS es un estándar de diseño de proyecto y ofrece reglas y orientación para el bosquejo y desarrollo de los mismos, tiene un proceso de partes interesadas muy bien desarrollado y acentúa los beneficios colaterales del medio ambiente (Kollmuss et al., 2008).

La norma ISO 14064 consta de tres partes, la primera parte (14064-1) especifica los requisitos para el nivel de organización para la cuantificación y el informe de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero; la segunda parte (14064-2) detalla los requisitos para cuantificar, monitorear y reportar reducciones de emisiones y mejoras de remoción de proyectos de mitigación de GEI; y la tercera parte (14064-3) proporciona requisitos y orientación para la validación y verificación de las afirmaciones de GE (Stockholm Environment Institute [SEI] & Greenhouse Gas Management Institute [GHG], 2011d).

WBCSD/WRI GHG Protocol es un protocolo desarrollado por World Business Council for Sustainable Development y World Resources Institute para la reducción de GEI. Han desarrollado varias herramientas de contabilidad de GEI, las dos más utilizadas incluyen la Norma de Contabilidad e Información Corporativa y el Protocolo de GEI para Contabilidad

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

de Proyectos (Stockholm Environment Institute [SEI] & Greenhouse Gas Management Institute [GHG], 2011d).

1.3.2.3 *Protocolos o metodologías para proyectos MDL*

Los MDL requieren de la aplicación de una metodología de referencia y monitoreo para determinar la cantidad de CERs generadas por una actividad de proyecto de mitigación en un país anfitrión (UN, 2016). Las metodologías se clasifican en cinco categorías:

- Metodologías para actividades de proyectos de MDL a gran escala;
- metodologías para actividades de proyectos de MDL a pequeña escala;
- metodologías para actividades de proyectos MDL de forestación y reforestación a gran escala (F/R);
- metodologías para actividades de proyectos MDL de forestación y reforestación (F/R) a pequeña escala; y
- metodologías para las actividades del proyecto de captura y almacenamiento de carbono (CCS).

Las metodologías proporcionan disposiciones para los elementos centrales de un Documento de Diseño del Proyecto (PDD), estos son la demostración de adicionalidad; el establecimiento del escenario de referencia; la estimación de reducciones de emisiones o eliminaciones netas; y el plan de monitoreo (UN, 2016).

De acuerdo con UN (2016), los pasos principales del ciclo del proyecto MDL y sus actores son los siguientes:

- 1) Diseño del proyecto (participantes del proyecto);
- 2) Aprobación nacional (autoridad nacional designada);
- 3) Validación (entidad operacional designada);
- 4) Registro (junta ejecutiva del MDL);
- 5) Monitoreo (participante del proyecto);
- 6) Verificación (entidad operacional designada);
- 7) Emisión (junta ejecutiva del MDL).

1.3.2.3.1 Metodologías de las Naciones Unidas para proyectos MDL del sector transporte

- AM0031 Bus Rapid Transit Projects

Se utiliza cuando se quiere construir y operar de un nuevo sistema de transporte rápido (BRT) para el transporte urbano de pasajeros. También se permiten reemplazos, extensiones o expansiones de los sistemas de transporte rápido de autobuses existentes (UN, 2016).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- *AMS-III.C. Emission reductions by electric and hybrid vehicles*

Se utiliza cuando se van a poner en operación vehículos eléctricos e híbridos, o a implementar estaciones de carga para proporcionar servicios de transporte de pasajeros y / o carga. Las condiciones bajo las cuales es aplicable son: (a) el proyecto y los vehículos de referencia deberían pertenecer a la misma categoría de vehículo y tienen una capacidad comparable de pasajeros / carga y potencia nominal con una variación de no más del 20%; (b) se deben cumplir las regulaciones vigentes relacionadas con el uso y la eliminación de la batería; (c) el procedimiento para evitar el doble conteo de las reducciones de emisiones debe documentarse en el PDD (UN, 2016).

Durante la realización del proyecto, se deben monitorear la cantidad de vehículos eléctricos / híbridos operados bajo el proyecto; cantidad de combustible fósil utilizado, para los vehículos híbridos y el consumo de electricidad para todos los vehículos eléctricos e híbridos con el fin de determinar el consumo específico de electricidad / combustible fósil por km; la distancia media anual recorrida por los vehículos del proyecto; y la electricidad consumida por los vehículos del proyecto (UN, 2016).

Los tipos de vehículos híbridos / eléctricos que se introducirán incluyen automóviles, autobuses, camiones, chivas, furgonetas de pasajeros, taxis, motocicletas y triciclos, entre otros (UN, 2015, p. 4). Las medidas se limitan a aquellas que dan como resultado reducciones de emisiones menores o iguales a 60 ktCO_{2-eq} anualmente (UN, 2015, p. 4).

- *AMS-III.S. Introduction of low-emission vehicles/technologies to commercial vehicle fleets*

Aplica para la introducción y operación de nuevos vehículos que emiten menos GEI, (por ejemplo, GNC, GLP, eléctricos o híbridos) para el transporte comercial de pasajeros y transporte de mercancías, que operan en rutas con condiciones comparables (UN, 2016). Las condiciones bajo las cuales la metodología es aplicable son las siguientes:

- el nivel general de servicio proporcionado en rutas comparables antes de la implementación del proyecto seguirá siendo el mismo y un cambio modal en el transporte no es elegible;
- no hay un cambio significativo en la tarifa discernible de su tendencia natural, lo que podría conducir a un cambio en los patrones de uso del vehículo;
- la frecuencia de operación de los vehículos no disminuye;
- las características de la ruta de viaje (distancia, puntos de inicio y finalización) y la ruta en sí misma y / o la capacidad introducida por el proyecto son suficientes para mantener el nivel de transporte de pasajeros / carga previamente proporcionado.

Los parámetros que se deben monitorear según UN (2016) son: (a) la distancia anual total recorrida y pasajeros o bienes transportados por proyecto y vehículos de referencia en la ruta; (b) la distancia promedio anual de transporte por persona o tonelada de carga por línea de base y vehículo del proyecto; y (c) el nivel de servicio en términos de pasajeros totales

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

o volumen de mercancías transportadas en ruta antes y después de la implementación del proyecto.

Los tipos de vehículo que se pueden incluir bajo esta metodología son autobuses, chivas, furgonetas y triciclos para el transporte público; camiones para el transporte de carga, recolección de basura u otros servicios con rutas regulares (UN, 2012, p. 3). Los participantes del proyecto deben demostrar que: (a) es poco probable que la actividad del proyecto cambie el nivel de servicio provisto en rutas comparables antes de la actividad del proyecto; (b) la actividad del proyecto no incluye medidas para lograr un cambio modal (UN, 2012, p. 3). Las medidas se limitan a aquellas que dan como resultado reducciones de emisiones menores o iguales a 60 ktCO_{2-eq} anualmente (UN, 2012, p. 3).

2 METODOLOGÍA

2.1 RESTRICCIONES E INCENTIVOS NORMATIVOS

Para la recopilación de los parámetros normativos que pudieran ser incentivos o restricciones que influyeran directamente en el planteamiento del modelo de negocio que propone este proyecto, se hizo una revisión de las diferentes leyes, decretos, resoluciones y protocolos que tuvieran influencia en los temas de importación de vehículos de tecnologías limpias (híbridos y eléctricos), restricciones o exenciones de Pico y Placa, tarifa arancelaria, IVA y transporte público y especial de pasajeros.

Se tomó como base principal para la orientación de la búsqueda los Planes Sectoriales de Mitigación, la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono y el Documento Nacional del Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) para Colombia. Adicionalmente, se solicitó por medio de correo electrónico y vía telefónica orientación para la búsqueda de la información sobre reducción de emisiones, verificación de la reducción de emisiones y certificación de los bonos de carbono a las diferentes entidades nacionales correspondientes y a algunas de las empresas privadas que trabajan en este sector.

Finalmente, se consolidó la información recopilada en la sección 3.1 de este documento.

2.2 TECNOLOGÍAS DE BUSES ELÉCTRICOS

Para elegir el bus eléctrico a evaluar en la propuesta de este trabajo de grado, se realizó la recopilación de las características generales de los buses, tales como la marca, el modelo, el segmento comercial al que pertenece, peso vacío, número de asientos disponibles, precio comercial, dimensiones; y características más específicas como por ejemplo el tipo de motor eléctrico que utiliza, el consumo y la autonomía del vehículo, la batería y el tipo de cargador.

Se creó una hoja de cálculo en Excel donde se consignaron los datos que fueron encontrados para cada uno de los modelos de buses evaluados; estos últimos se eligieron por sugerencia de las investigaciones previas realizadas por el grupo de investigación de la Universidad EIA, EnergEIA y teniendo en cuenta la posibilidad de importación de este tipo de tecnología al país, ya que no todos los proveedores de buses eléctricos en el mundo tienen relaciones directas de mercadeo con Colombia.

Una vez listos los datos, se tomaron los criterios: capacidad de pasajeros y segmento comercial como el primer filtro para descartar las opciones de buses que no podrían ser considerados dentro del análisis de reducción de emisiones. Posteriormente, se realizó el cálculo de la reducción de emisiones para cada una de las tecnologías de buses que no hayan sido descartadas comparándolas con el bus de referencia seleccionado tal y como se explica en las secciones 2.3 y 2.4 de este trabajo.

En la evaluación financiera, fue necesario elegir solo una de las posibles tecnologías resultado del procedimiento anterior teniendo en cuenta el contexto económico, geográfico,

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

social y ambiental del caso de estudio elegido. Se examinaron las variables: precio (USD), capacidad en pendiente, potencia máxima y velocidad máxima con el fin de elegir la tecnología más adecuada.

2.3 METODOLOGÍAS DE LAS NACIONES UNIDAS (ONU) PARA PROYECTOS MDL DEL SECTOR TRANSPORTE

Para el cálculo de la reducción de emisiones que se generaría al cambiar un bus a diésel por uno eléctrico en una ruta de transporte público especial en el Valle de Aburrá, se necesita elegir una de las dos metodologías anteriormente descritas en el numeral 1.3.2.3.1. Para realizar la selección de la metodología a implementar, se tuvo en cuenta la información que aparece en el documento de UN (2016, pp. 195, 211) sobre la descripción de en qué casos se utilizan, cuáles son los parámetros que se deben tener en cuenta y los requisitos para realizar los cálculos; todo esto se resume en la Tabla 1 y la Tabla 2.

Tabla 1. Descripción de la metodología AMS-III.C de la UNFCCC

Proyectos típicos	Operación y / o carga de vehículos eléctricos e híbridos para proporcionar servicios de transporte de pasajeros y / o carga.
Tipo de acciones de mitigación de GEI	Cambio de combustible · Reemplazo de vehículos de altas emisiones de GEI.
Condiciones importantes bajo las cuales la metodología es aplicable	<ul style="list-style-type: none"> • El proyecto y los vehículos de referencia deberían pertenecer a la misma categoría de vehículo. Los vehículos de una categoría tienen una capacidad comparable de pasajeros / carga y potencia nominal con una variación de no más del 20%; • Se deben cumplir las regulaciones vigentes relacionadas con el uso y la eliminación de la batería; • El procedimiento para evitar el doble conteo de las reducciones de emisiones debe documentarse en el PDD.
Parámetros importantes	Al validar <ul style="list-style-type: none"> • Si corresponde: factor de emisión de la red (también se puede monitorear ex post).
	En el monitoreo <ul style="list-style-type: none"> • Número de vehículos eléctricos / híbridos operados bajo el proyecto; • Cantidad de combustible fósil utilizado para vehículos híbridos y consumo de electricidad para todos los vehículos eléctricos e híbridos para determinar el consumo específico de electricidad / combustibles fósiles por km; • Distancia media anual impulsada por vehículos del proyecto;

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

	<ul style="list-style-type: none"> Electricidad consumida por los vehículos del proyecto.
--	--

Tabla 2. Descripción de la metodología AMS-III.S de la UNFCCC

Proyectos típicos	Introducción y operación de nuevos vehículos de menores emisores de gases de efecto invernadero (por ejemplo, GNC, GLP, eléctricos o híbridos) para pasajeros comerciales y transporte de mercancías, que operan en rutas con condiciones comparables. El retiro de los vehículos existentes también es aplicable.
Tipo de acciones de mitigación de GEI	Cambio de combustible Reemplazo de vehículos de altas emisiones de GEI.
Condiciones importantes bajo las cuales la metodología es aplicable	<ul style="list-style-type: none"> El nivel general de servicio proporcionado en rutas comparables antes de la implementación del proyecto seguirá siendo el mismo y un cambio modal en el transporte no es elegible; No hay un cambio significativo en la tarifa discernible de su tendencia natural, lo que podría conducir a un cambio en los patrones de uso del vehículo; La frecuencia de operación de los vehículos no disminuye; Las características de la ruta de viaje (distancia, puntos de inicio y finalización) y la ruta en sí y / o la capacidad introducida por el proyecto es suficiente para mantener el nivel de transporte de pasajeros / carga previamente provisto.
Parámetros importantes	Al validar <ul style="list-style-type: none"> Eficiencia de los vehículos de referencia (también se puede monitorear ex post).
	En el monitoreo <ul style="list-style-type: none"> Distancia anual total recorrida y pasajeros o bienes transportados por proyecto y vehículos de referencia en la ruta; Distancia promedio anual de transporte por persona o tonelada de carga por línea de base y vehículo del proyecto; Nivel de servicio en términos de pasajeros totales o volumen de mercancías transportadas en ruta antes y después de la implementación del proyecto.

Dado que, para utilizar la AMS-III.S se requieren datos promedio anual por pasajero, a los cuales no se tiene acceso, se eligió la AMS-III.C para realizar la cuantificación de la reducción de emisiones. Además, al buscar los proyectos registrados en la página web de las Naciones Unidas bajo cada una de las metodologías, para la AMS-III.C se encuentran seis resultados (todos los proyectos desarrollados en India y patrocinados por Suiza y Japón) mientras que bajo la metodología AMS-III.S no aparece ninguno.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

2.3.1 Desarrollo de la metodología AMS-III.C

El cálculo de la reducción de emisiones se basó en el procedimiento descrito en el manual de la UN (2015) titulado “*Emission reductions by electric and hybrid vehicles*”; allí se expone que el cálculo de la reducción de emisiones se expresa bajo la fórmula:

$$ER_y = BE_y - PE_y - LE_y [tCO_{2-eq}]$$

Donde, ER_y es el total de la reducción de emisiones en el año y ; BE_y es la línea base del total de emisiones en el año y ; PE_y es el total de emisiones del proyecto en el año y ; y LE_y son las fugas del sistema. Todas las variables están expresadas en toneladas de CO_2 equivalente. Debido a que la metodología asume que no hay fugas en el sistema, estas se eliminan de la ecuación.

2.3.1.1 Línea base de emisiones del proyecto

El cálculo de BE_y puede ser de dos formas, la primera es para cuando se tiene la distancia recorrida por los vehículos del proyecto; la segunda es cuando se tienen los datos de consumo energético requerido para cargar los vehículos del proyecto. Como en el caso de este trabajo de grado los vehículos del proyecto en la fase de la línea base son vehículos a combustión, se trabajó con la primera forma; esta se describe a continuación.

$$BE_y = \sum_i EF_{(BL,km,i)} \times DD_{(i,y)} \times N_{(i,y)} \times 10^{-6} [tCO_{2-eq}]$$

Donde:

BE_y es la línea base del total de emisiones en el año y y tCO_2

$EF_{BL,km,i}$ es el factor de emisión por km para la categoría de vehículo de referencia i en gCO_2/km ;

$DD_{i,y}$ es la distancia promedio anual recorrida por el vehículo de categoría i del proyecto en el año y en km; y

$N_{i,y}$ es el número esperado de vehículos del proyecto en la categoría i en el año y .

Para determinar $EF_{BL,km,i}$ se utiliza la siguiente fórmula

$$EF_{BL,km,i} = SFC_{(i)} \times NCV_{(BL,i)} \times EF_{BL,i} \times IR^t \left[\frac{gCO_{2-eq}}{km} \right]$$

Donde:

SFC_i es el consumo específico de combustible de los vehículos de categoría i expresado en g/km

$NCV_{BL,i}$ es el valor calorífico neto del combustible consumido por los vehículos de categoría i en J/g

$EF_{BL,i}$ es el factor de emisión del combustible fósil consumido por el vehículo de la categoría i en gCO_2/J ;

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

IR^t es el factor de mejora tecnológica para el vehículo de categoría i en el año y , el cual tiene un valor estándar de 0,99 para cada año y t es solo el indicador de cambio de tiempo de un año al otro.

A su vez, SFC_i también tiene condiciones para su estimación. En este caso, se puede elegir entre cinco posibilidades; estas son:

- media de la muestra según la tasa real de consumo de combustible,
- el 20% superior,
- los datos promedio operativos de los vehículos de referencia o los datos del fabricante,
- datos de un grupo de control de vehículos en caso de no tener vehículos de referencia y
- estadísticas existentes en bases de datos de industrias, estudios, investigaciones o el IPCC.

En el caso de este trabajo de grado, debido a la disponibilidad de datos de un grupo de vehículos de referencia, se eligió la opción (c), utilizar los datos promedio operativos de los vehículos de referencia.

2.3.1.2 Emisiones del proyecto

Para el cálculo de las emisiones del proyecto PE_y , también se tienen las mismas dos formas que para calcular BE_y , la primera es para cuando se tiene la distancia recorrida por los vehículos del proyecto; la segunda es cuando se tienen los datos de consumo energético requerido para cargar los vehículos del proyecto. En este caso, como los vehículos del proyecto son eléctricos, se eligió la segunda opción y la fórmula para el cálculo es la siguiente:

$$PE_y = \sum_i EF_{P,km,i,y} \times \frac{EC_{PJ,i,y}}{SEC_{PJ,km,i,y}} [tCO_{2-eq}]$$

Donde:

$EF_{PJ,km,i,y}$ es el factor de emisión por km para la categoría de vehículo de referencia i expresado en tCO_2/km

$EC_{PJ,i,y}$ es la electricidad consumida para cargar los vehículos de categoría i del proyecto en las estaciones de carga en el año y en kWh

$SEC_{PJ,km,i,y}$ es el consumo específico de electricidad por km por vehículo de categoría i del proyecto en el año y en condiciones urbanas en kWh/km.

Para el cálculo del factor de emisión, se tiene el siguiente término,

$$EF_{P,km,i,y} = \sum_i SEC_{PJ,km,i,y} \times \frac{EF_{elect,i}}{(1 - TDL_y)} \times 10^{-3} + \sum_i NCV_{PJ,i} \times EF_{PJ,i} \times 10^{-6} [tCO_{2-eq}]$$

Donde:

$SEC_{PJ,km,i,y}$ es la energía consumida por el vehículo de categoría i del proyecto por km, en el año y , en condiciones urbanas en kWh/km.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

$EF_{elect,i}$ es el factor de emisión de CO₂ de la electricidad consumida por el vehículo de categoría i del proyecto en el año y y en kgCO₂/kWh.

TDL_y son las pérdidas medias de transmisión y distribución para el suministro de electricidad en el año y .

$NCV_{PJ,i}$ es el valor calorífico neto del combustible consumido por los vehículos de categoría i en el año y y en J/g.

$EF_{PJ,i}$ es el factor de emisión del combustible fósil consumido por el vehículo de la categoría i en el año y .

De la fórmula anterior, $EF_{PJ,i}$ es cero por lo que la segunda sumatoria se cancela; y, debido a que las pérdidas medias de transmisión en Colombia ya se tienen en cuenta en el cálculo del factor de emisión de CO₂ de la electricidad entregada por la red de acuerdo con lo que se explica en Unidad de Planeación Minero Energética (2016), entonces se simplifica quedando así:

$$EF_{PJ,km,i,y} = \sum_i SEC_{PJ,km,i,y} \times EF_{elect,i} \times 10^{-3}$$

2.4 SELECCIÓN DE LA RUTA DEL CASO DE ESTUDIO

Para la selección de la ruta del caso de estudio se tiene en cuenta la accesibilidad a la información de los datos operativos de la ruta y la información económica (mantenimiento, ingresos, entre otros) en mira de la posibilidad de realizar la evaluación financiera. Adicionalmente, se acotó la búsqueda de rutas posibles a tratar en este análisis de acuerdo con el alcance y el tiempo estimado que se planteó inicialmente para la elaboración de este trabajo de grado.

En el proceso de selección se contó con el acompañamiento del grupo de investigación EnergEIA de la Universidad EIA y el director de este trabajo de grado. Finalmente, se llegó a la conclusión de que debía acotarse a una ruta de transporte público especial, porque:

- a) es más fácil y ágil acceder a los datos de una empresa privada;
- b) para entrar al gremio de transporte público de la ciudad con este proyecto era necesario tener relaciones preestablecidas con alguna de las empresas que prestan este servicio con el fin de obtener los datos necesarios, ninguno de los integrantes de este proyecto contaba con este requisito;
- c) la Universidad y el grupo de investigación EnergEIA ya tenían relaciones preestablecidas con empresas privadas que pudieran proporcionar los datos; y
- d) la Universidad EIA utiliza el servicio de transporte público especial para las rutas de sus estudiantes y empleados.

Una vez seleccionada la ruta, se realiza la búsqueda del vehículo de referencia con el cual se comparará el bus eléctrico de acuerdo con la metodología de la sección 2.3.1. Para ello, se solicitaron a Seditrans las características generales y datos promedio de operación de

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

los buses que transitan la ruta seleccionada. Luego, se estima la distancia promedio recorrida por este bus durante un año de operación en la ruta del caso de estudio, datos que son requeridos tanto para el cálculo de la reducción de emisiones (3.3) como para la evaluación financiera (2.5.3).

2.5 PLANTEAMIENTO DEL MODELO DE NEGOCIO DE COMPENSACIÓN VOLUNTARIA DE CARBONO

En esta sección se detalla la metodología utilizada para la evaluación de experiencias previas en mercados voluntarios de carbono y el planteamiento del modelo de negocio a partir del modelo CANVAS de (Osterwalder & Pigneur, 2010). Adicionalmente, se exponen el proceso de la evaluación financiera realizada con base en los resultados de la reducción de emisiones del caso de estudio y el modelo de negocio planteado.

2.5.1 Recopilación de experiencias previas en compensación voluntaria de carbono en Colombia

Hasta el momento en Colombia solo existe un mercado voluntario de carbono establecido, BanCO₂; por lo que en este trabajo de grado los autores se enfocaron en la información disponible sobre esta estrategia para elaborar el planteamiento del modelo de negocio.

Se recopila información publicada en el sitio web de la estrategia BanCO₂, la ONG Masbosques y otras fuentes y se complementa con preguntas a través del correo electrónico y llamadas telefónicas para al final obtener un consolidado de cómo opera en términos administrativos y financieros la estrategia, la composición organizacional y la relación entre ellos, las líneas estratégicas de trabajo, los participantes de la estrategia (relaciones y funciones) y el proceso de certificación de los bonos de carbono.

Hubo algunos limitantes en cuanto a la obtención de la información referente a la certificación de los bonos de carbono, por lo que en la evaluación financiera de este trabajo de grado queda como incógnita el cómo tratar esta variable y cuál podría ser su efecto dentro del modelo.

2.5.2 Modelo CANVAS de Strategyzer

La propuesta de modelo de negocio de este trabajo de grado se hace con base en la metodología planteada por (Osterwalder & Pigneur, 2010). De acuerdo con estos autores, un modelo de negocio describe la lógica de cómo una organización crea, entrega y captura valor, por lo que a la hora de crear negocios o reevaluarlos el modelo de negocio debe ser simple, relevante y comprensible por todos con el fin de facilitar la descripción del negocio y la discusión.

La metodología del Business Model Canvas de Osterwalder & Pigneur (2010) divide las áreas principales de una empresa (clientes, oferta, infraestructura y viabilidad financiera) en nueve bloques: Segmento de clientes, Propuesta de valor, Canales, Relación con los clientes, Fuentes de ingresos, Recursos clave, Actividades clave, Socios clave y Estructura de costos.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

2.5.3 Evaluación financiera del caso de estudio

De acuerdo con las reflexiones de los resultados del Modelo CANVAS de Strategyzer y siguiendo la sugerencia del director de este trabajo de grado y el profesor Vladimir Calle de la Universidad EIA, se realiza la evaluación financiera del modelo. Para este proceso se tomaron los resultados del Cálculo de la reducción de emisiones para el caso de estudio seleccionado; los datos adicionales de la operación de la ruta son el número total de viajes realizados en un año, el promedio de pasajeros y la tarifa del bus.

Se plantearon dos escenarios para la empresa de transporte: el caso en el que compra un bus de combustión a diesel (el vehículo de referencia) y el caso en el que compraría un bus eléctrico con el fin de realizar la comparación y ver si los ingresos de la ONG son suficientes para cubrir la diferencia. En el último caso se tiene dentro del modelo financiero el aporte anual que realizaría la ONG. También, se plantea un modelo financiero de los flujos que tendría la ONG. La estructura de cada uno es la siguiente:

Bus Diesel	Bus eléctrico	ONG
+ Ingresos por pasajeros - Mantenimiento - Fuente de poder (diesel) - Financiación Total accionista	+ Ingresos por pasajeros - Mantenimiento - Fuente de poder (energía eléctrica) - Financiación Total accionista + Diferencia pagada por la ONG Total real	+ Venta de los bonos de carbono + Comisión por acompañamiento - Validación y verificación de los bonos de carbono

Ilustración 3. Estructura de cada uno de los modelos financieros que componen la evaluación financiera

3 PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1 RESTRICCIONES E INCENTIVOS NORMATIVOS

Debido a que el sector transporte en Colombia es el mayor consumidor de energía en el país, es dependiente de los combustibles fósiles y se quiere desincentivar el uso de los vehículos particulares expandiendo el sistema de transporte público masivo, el PROURE propone el subprograma prioritario para este sector (Ministerio de Minas y Energía (MME) & Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), 2016).

En este se propone que en el periodo 2017-2022 el sector transporte ahorre 424,408 TJ de los cuales se espera que 83.985,28 BDC (Barriles Diarios de Consumo) mediante la reconversión de tecnología de vehículos de combustión interna que utilizan diésel comúnmente denominado ACPM (Ministerio de Minas y Energía (MME) & Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), 2016, p. 46). Para esto, una de las políticas que se plantea incluir dentro de las medidas a tomar es el reemplazo de la flota de combustión del sector oficial por vehículos eléctricos (Ministerio de Minas y Energía (MME) & Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), 2016, p. 50).

De acuerdo con lo que se presenta en la Tabla 13 del documento del Ministerio de Minas y Energía (MME) y la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) (2016, pp. 51–52) el potencial de buses a reemplazar serían 1534 por tecnologías híbridas o eléctricas. Así mismo, se plantea reemplazar el 0,01% de la flota oficial en los años 2018 y 2019, 0,02% en el 2020 y 0,03% en el 2021; con esta medida se espera que el ahorro neto de energía sea de 154.704,7 TJ y se eviten 10.821.493,1 t de CO₂ (MME & UPME, 2016, pp. 51–52).

Como incentivos tributarios propuestos por el PROURE para Eficiencia Energética se tienen la exclusión del IVA, la deducción de la renta líquida y la exención de arancel para: La adquisición y uso público o privado de vehículos con tecnologías limpias (híbridos y eléctricos); y la instalación y uso de estaciones de recarga (MME & UPME, 2016, pp. 97–98). De lo anterior, a la fecha de entrega de este trabajo de grado solo ha sido reglamentado por el Ministerio de Hacienda la exclusión del IVA y la exención de aranceles.

Las resoluciones 563 de 2012 y 2000 de 2017 establecen los procedimientos y requisitos para evaluar y conceptuar sobre las solicitudes que se presenten ante el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible con miras a obtener la exclusión del impuesto sobre las ventas IVA y/o deducción en la renta de elementos, equipos y maquinaria destinados a proyectos, programas o actividades de reducción en el consumo de energía y eficiencia energética. En el diario oficial del Ministerio de Interior (2012, p. 232) en el Anexo 3 de la Resolución 563 de 2012 aparece el formato para la solicitud de exención del IVA y la deducción de la renta líquida.

La Ley 1715 de 2014 promueve el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía y fomentar los sistemas de eficiencia energética en los sectores industrial, de transporte y residencial como medios necesarios para el desarrollo económico sostenible y la reducción de emisiones de GEI.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

La Ley 1819 de 2016 adopta una reforma tributaria estructural en donde el Artículo 185 modifica el Artículo 468-1 del Estatuto Tributario, en este se establece que la importación de vehículos eléctricos para transporte de 10 o más personas, transporte familiar o de usos especiales, los motores, baterías e inversores de carga para vehículos eléctricos son bienes gravados con tarifa del 5%. Y el Artículo 105 que modifica el Artículo 257 del Estatuto Tributario insta que las organizaciones que realicen donaciones a entidades sin ánimo de lucro pertenecientes al régimen especial obtendrán un descuento del impuesto sobre la renta y complementarios equivalente al 25% del valor donado en el año o periodo gravable.

El Decreto 1116 de 2017 establece un gravamen de 0% arancelario para la importación anual de vehículos eléctricos distribuidas de la siguiente manera:

- 1500 unidades para los años 2017, 2018 y 2019
- 2300 unidades para los años 2020, 2021 y 2022
- 3000 unidades para los años 2023 a 2027

3.1.1 Compensación voluntaria de carbono

3.1.1.1 Documento Nacional del Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) para Colombia

Este documento plantea el desarrollo del Sistema Nacional MRV para Colombia, comenzando por los objetivos, componentes y enfoques que debe tener; se aclara cómo debería ser la gestión del flujo de información, plantea el programa de reporte corporativo voluntario (PRCV) y finalmente explica cómo debe ser y qué se necesita para el sistema de seguimiento y contabilidad de la reducción de emisiones para el alcance de las metas de mitigación que se han establecido en el país.

Los componentes del MRV son, como sus siglas lo determinan, el monitoreo, el reporte y la verificación de las emisiones. El monitoreo

es el proceso de recolección y análisis de información para dar seguimiento a las emisiones, reducciones, financiamiento y cobeneficios de las medidas de mitigación. Refiriéndose también a la evaluación de las medidas de adaptación y la medición y estimación de los flujos de financiamiento climático. (MADS, GIZ, & WRI, 2017)

El reporte es la presentación de los resultados de la toda información que se consolida y analiza sea en el alcance de un proyecto implementado o a nivel país; mientras que la verificación se compone de (a) validación, donde se realiza el control de calidad de la información y (b) verificación del cumplimiento de las metas de reducción de emisiones y la efectividad de la financiación utilizada para este fin (MADS et al., 2017).

Los enfoques que tiene el Sistema MRV en Colombia se presentan en la Ilustración 4. Todos se gestionan de forma independiente, sin embargo, tienen elementos e información en común en algunas etapas, proyectos o alcances (MADS et al., 2017).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.



Ilustración 4. Enfoques del Sistema de MRV para Colombia. Elaboración propia a partir de MADS et al. (2017).

En cada uno de los enfoques es necesario recolectar la información relacionada con los componentes de la MRV. Para el enfoque de reducciones se mide la reducción de emisiones de acuerdo con el escenario base de emisiones establecido; se reportan los datos para el cálculo de la reducción de emisiones, las metodologías u objetivos de sostenibilidad y reducción de emisiones del proyecto MDL y la reducción de emisiones por actividades del proyecto; se valida la cantidad de información y los métodos con los que se estiman las reducciones logradas; y se verifica toda la información cuantitativa y cualitativa reportada.

3.1.1.2 Guía Técnica Colombiana para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Desarrollo Bajo en Carbono

La Guía Técnica Colombiana para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Desarrollo Bajo en Carbono (GTC 275) desarrollada por ICONTEC (2016) es

un Instrumento que establece un marco de referencia que de manera sencilla que permite la comprensión del procedimiento necesario para la formulación, evaluación y registro de proyectos de desarrollo bajo en carbono, que les permita a las diferentes organizaciones (...) en Colombia, realizar la gestión de sus emisiones y materializar sus iniciativas de reducción de los GEI. (ICONTEC, 2016)

Es aplicable para los proyectos de desarrollo bajo en carbono que no sean Acciones de Mitigación Nacionalmente Apropriadas (NAMA).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.1.1.3 ISO 14064 Gases de Efecto Invernadero

La Norma ISO 14064 Gases de Efecto Invernadero da las especificaciones y orientaciones, a nivel de la organización, para la cuantificación y la declaración de las emisiones y reducciones de gases de efecto invernadero (ISO, 2006). Esta consta de tres partes:

- Parte 1: Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero.
- Parte 2: Especificación con orientación, a nivel de proyecto, para la cuantificación, el seguimiento y el informe de la reducción de emisiones o el aumento en las remociones de gases de efecto invernadero.
- Parte 3: Especificación con orientación para la validación y verificación de declaraciones sobre gases de efecto invernadero.

Según las partes dos y tres de esta norma, no se exige validación y verificación de la reducción de emisiones pues estos elementos son requisitos de proyectos de GEI ligados a un programa de GEI específicos. El alcance y tipo de validación y/o verificación son elegidos por el proponente del proyecto y el validador o verificador es quien los revisa teniendo en cuenta la línea base de emisiones, los límites legales, financieros, operacionales y geográficos, la infraestructura física, actividades tecnologías y procesos de la organización del proyecto de GEI (ISO, 2006).

3.2 CASO DE ESTUDIO

3.2.1 Tecnologías de buses eléctricos

La revisión de las diferentes tecnologías disponibles en el mercado colombiano se presenta en la Tabla 3, donde se recopilan las características principales de cinco (5) opciones de buses brindadas por tres compañías, BYD, Higer y Sunlong.

Tabla 3. Resumen de las características técnicas de varias referencias de buses eléctricos

Marca		BYD	BYD	Higer	Sunlong	Higer
Modelo		eBus Andino - 18	eBus Andino - 12	KLQ6832GE V	SLK6903E V	KLQ6129G EV
Segmento		Comercial de pasajeros articulado	Comercial de pasajeros	Urbano	Comercial de pasajeros	Comercial de pasajeros
General	Tipo	Eléctrico	Eléctrico	Eléctrico	Eléctrico	Eléctrico
	Origen	China	China	China	China	China
	Precio (USD)	\$660.000	\$460.000			\$193.000

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Marca		BYD	BYD	Higer	Sunlong	Higer
	Peso vacío (kg)	15.000	13.300	7.900	13.800	9.800
	Capacidad en pendiente	> 17%	15%			23%
	Distancia del suelo (mm)	320	140			
	Distancia entre ejes (mm)	5.550/ 6.755	5.950		6.100	4.350
Dimensiones	Largo (mm)	18.000	12.000	8.340	12.000	8.995
	Ancho (mm)	2.550	2.550	2.370	2.550	2.480
	Alto (mm)	3.260	3.360	3.070	3.377	3.430
Motor y Prestaciones	Motor	AC Motor de Magneto Permanente (sin escobillas)	AC motor síncrono (Motor eléctrico sin escobillas) BYDTYC90A	Siemens Motor DB2014	Siemens Motor DB2014	1DB2022
	Potencia máxima (kW @ rpm)	360	300	160	180	240
	Torque máximo (Nm @ rpm)	30.000	1.100	2.500	3.400	3.400
	Velocidad Máxima (km/h)	60	60	70	69	100
Autonomía y consumo	Autonomía (km)	350	350		73	147
	Consumo eléctrico (kWh/km)	1,14	0,93	0,90	0,90	0,90
Batería y tiempo de carga	Tipo de batería	Hierro Fosfato	Hierro Fosfato	Mocrovast LpTO	Mocrovast LpTO	Litio hierro fosfato
	Capacidad (KWh)	400	324	44	66	106

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Marca		BYD	BYD	Higer	Sunlong	Higer
	Carga rápida				Si	
	Carga estándar	Si	Si	Si	Si	Si
	Tiempo carga rápida (h)					
	Tiempo de carga estándar (h)	2,5 - 3	5			
	Frenado regenerativo	Si	Si			
Cargador	Tipo de cargador	Caja de pared	Caja de pared			
	Modelo	EVA080k638 06/01	EVA080k638 06/01			
Otros	Asientos	40	35	15	35	35
	Área para silla de ruedas	1	1	1	1	
	Llantas	295/80R 22,5	275/70R 22,5	245/70 R19,5	295 / 80R22,	10R22.5
	Sistema de frenos	Freno de disco 6 ruedas &ABS	Delantera & Trasera disc-Frenos, ABS	Delantero/Trasero de disco, Wabco ABS	Freno de servicio neumático de doble circuito, freno de estacionamiento de muelle de almacenamiento	Freno de servicio neumático de doble circuito, freno de retroalimentación del motor eléctrico
	Suspensión	Suspensión neumática & ECAS, altura graduable	Suspensión y ECAS aire	Suspensión de aire	Suspensión de aire	Tipo ballestera, barra estabilizadora delantera y trasera, amortiguador bidireccional

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Marca	BYD	BYD	Higer	Sunlong	Higer
Referencias	(BYD, 2015, 2016; El Tiempo, 2016)	(BYD, 2017)	(Higer, 2016)	(Sunlong, 2017)	(AUTO-CHE, 2018)

En el primer filtro para descartar las tecnologías de buses que no serían posibles implementar para el análisis de la reducción de emisiones, se tomaron los criterios capacidad de pasajeros y segmento comercial. De acuerdo con esto, y el vehículo de referencia tomado para el análisis (ver sección 3.2.2) se retiraron los buses eBus Andino 18 de BYD y el Higer KLQ6832GEV. El primero debido a que supera la capacidad de pasajeros del vehículo de referencia (35) y el segundo porque pertenece al segmento comercial de transporte urbano y para el caso de estudio se necesita que sea comercial de pasajeros. Por lo tanto, la reducción de emisiones fue calculada para las otras tres tecnologías, los resultados se presentan en el título 3.3.3.

Al realizar la evaluación financiera del caso de estudio, fue necesario seleccionar una de las tecnologías de buses. Para ello, se tuvo en cuenta el precio (USD), la capacidad en pendiente, la potencia y velocidad máxima. Debido a que no se contó con la información de las dos primeras variables para el bus SLK6903EV Sunlong se descartó. Entre las dos opciones restantes se eligió la tecnología con mayor potencia y capacidad en pendiente y menor precio en el mercado. Lo anterior a razón de la geografía de la ruta seleccionada y en búsqueda de que el valor de la inversión inicial sea acorde con la escala del proyecto que propone el caso de estudio.

Por lo tanto, el bus seleccionado para realizar la evaluación financiera es el KLQ6129GEV Higer el cual tiene un precio aproximado de \$193.000 USD, tiene capacidad para 35 pasajeros, es totalmente eléctrico, tiene capacidad en pendiente de 23% y una potencia máxima de 240 kW.

3.2.2 Ruta de bus para el caso de estudio

Acorde con el alcance de este trabajo de grado y el tiempo establecido para su desarrollo, se optó por una ruta de transporte público especial como se menciona en la sección 2.4. La ruta seleccionada para la cuantificación de reducción de emisiones es la ruta de la estación Exposiciones del metro a la Universidad EIA sede palmas (ver Ilustración 5) debido a que se tuvo acceso a los datos operacionales gracias a que el grupo de investigación EnergEIA ya había realizado trabajos previos con las rutas de transporte de la Universidad EIA que opera la empresa Seditrans.

Esta ruta cuenta con una distancia aproximada de 20 km en el sentido estación Exposiciones del metro, sede Las Palmas de la Universidad EIA; el recorrido de vuelta, es decir, desde la sede Las Palmas de la Universidad hasta el punto inicial de la ruta también se recorren 20 km aproximadamente. El trayecto que realiza el bus se puede observar en la Ilustración 5.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

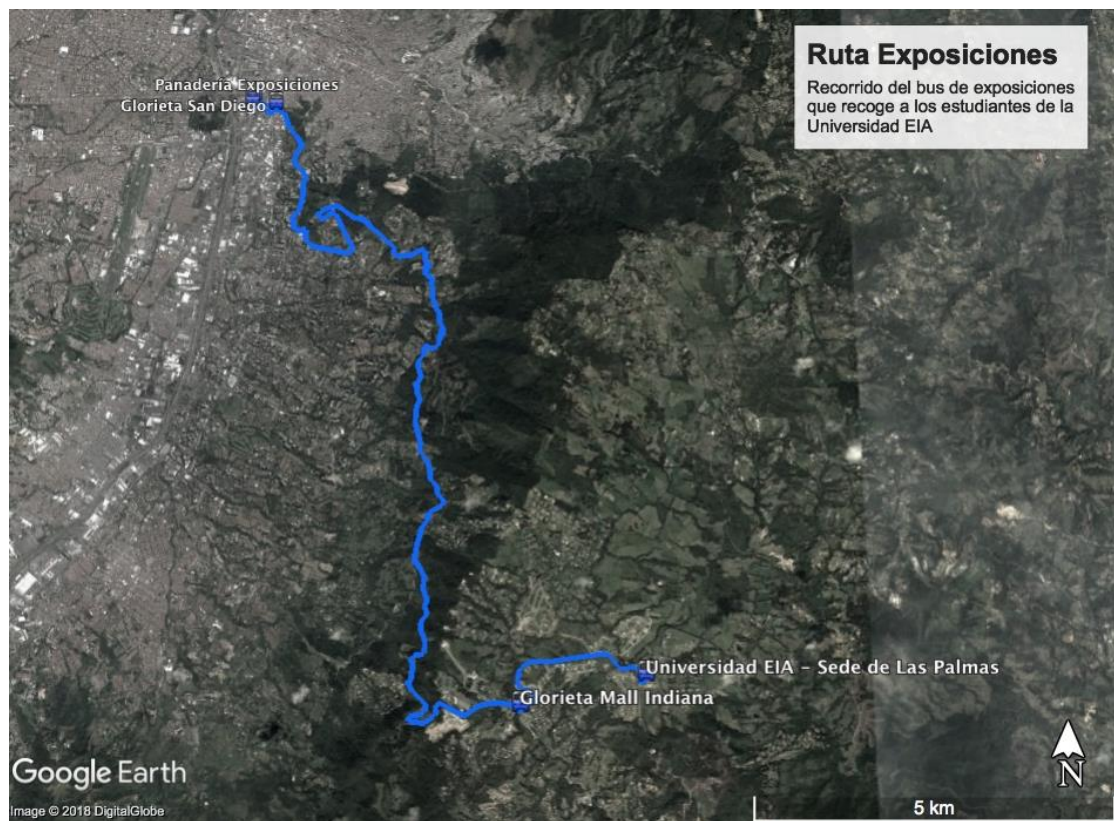


Ilustración 5. Mapa del recorrido que realiza el bus de exposiciones que recoge a los estudiantes de la Universidad EIA.

El número total de viajes que realiza la ruta en un año de operación son 2580, esto se calculó considerando que en semana la ruta realiza 14 viajes en total y los días sábado 4 viajes; exceptuando las semanas de exámenes parciales y finales en las que realiza 8 y cuatro viajes respectivamente. Se omiten los días festivos y el periodo de vacaciones.

3.3 CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DE EMISIONES PARA EL CASO DE ESTUDIO SELECCIONADO UTILIZANDO LA METODOLOGÍA AMS- III.C DE LA UNFCCC

Como ya se explicó anteriormente en la sección 2.3.1, esta metodología se descompone en dos partes, la línea base de emisiones y las emisiones del proyecto para finalmente calcular el total de reducción de emisiones que se obtendría al implementar el bus eléctrico seleccionado para reemplazar el bus a diésel. Los cálculos y resultados también se presentan en el Anexo 1. Cálculo de la reducción de emisiones utilizando la metodología AMS-III.C de la UNFCCC.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.3.1 Línea Base de emisiones

Para los cálculos de la línea base de emisiones del proyecto, se sigue el paso a paso enunciado en el numeral 2.3.1.1.

El vehículo de referencia para el recorrido que se muestra en la Ilustración 5, es un bus marca Chevrolet FRR Forward modelo 2013 de 8,3 m de largo; esta información fue adquirida a través una llamada telefónica a la empresa proveedora del servicio de transporte a la Universidad, Seditrans (Personal de la empresa Seditrans, comunicación personal, 7 de marzo de 2018).

El SFC_i fue obtenido gracias a los datos proporcionados por la empresa Seditrans y se corroboró a través del proveedor del vehículo por medio de la línea de atención al cliente de Chevrolet, con la asesora Johana López (Personal de la empresa Seditrans, comunicación personal, 7 de marzo de 2018; López, J. comunicación personal, 11 de marzo de 2018). En condiciones normales de operación, el SFC_i puede tomar valores entre 10 y 15 km/gal; en este trabajo de grado se utilizó 10km/gal.

En la Tabla 4 se resumen los datos utilizados para el cálculo de la línea base de emisiones BE_y . El resultado final de las emisiones de GEI del vehículo de referencia al realizar el recorrido completo de la ruta de Exposiciones de la Universidad son 520,04 toneladas de $CO_2\text{-eq}$ en un año.

Tabla 4. Resultados de la línea base de emisiones

Abreviatura	Significado	Valor	Unidades
Vehículo	Modelo	Chevrolet FRR Forward 2013	-
SFC_i	Consumo específico de combustible de los vehículos de categoría i	324,00	g/km
$NCV_{BL, i}$	Valor calorífico neto del combustible consumido por los vehículos de categoría i	42.326,53	J/g
$EF_{BL, i}$	Factor de emisión del combustible fósil consumido por el vehículo de la categoría i	0,000742	gCO ₂ /J
IR^t	Factor de mejora tecnológica para el vehículo de categoría i en el año y	0,99	
$EF_{BL, km, i}$	Factor de emisión por km para la categoría de vehículo de referencia i	10.078,29	gCO ₂ /km
$DD_{i, y}$	Distancia promedio anual recorrida por el vehículo de categoría i del proyecto en el año y	51.600,00	km
$N_{i, y}$	Número esperado de vehículos del proyecto en la categoría i en el año y	1	-
BE_y	Línea base del total de emisiones en el año y	520,04	tCO ₂ -eq

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.3.2 Emisiones del proyecto

Para la evaluación de las emisiones del proyecto se seleccionaron tres de las cinco tecnologías que se describen en la Tabla 3; estas son el bus BYD eBus Andino 12, el bus Higer KLQ6129GEV y el Sunlong SLK6903EV.

En la Tabla 5, se presentan los valores utilizados para realizar los cálculos tal y como se menciona anteriormente en la sección 2.3.1.2. El total de emisiones del proyecto son 10,08, 9,75 y 9,75 toneladas de CO_{2-eq} al año para el BYD, el Higer y el Sunlong respectivamente.

Tabla 5. Resultado emisiones del proyecto

Abreviatura	Significado	Valor			Unidades
Vehículo	Modelo	BYD eBus Andino 12	Higer KLQ6129GEV	Sunlong SLK6903EV	-
SEC_{PJ,km,i,y}	Energía consumida por el vehículo de categoría i del proyecto por km, en el año y, en condiciones urbanas	0,93	0,9	0,9	kWh/km
EF_{elect,y}	Factor de emisión de CO ₂ de la electricidad consumida por el vehículo de categoría i del proyecto en el año y	0,21	0,21	0,21	kgCO ₂ /kWh
EF_{PJ,km,i,y}	Factor de emisión por km para la categoría de vehículo de referencia i	0,000195	0,000189	0,000189	tCO ₂ /km
EC_{PJ, i, y}	Electricidad consumida para cargar los vehículos de categoría i del proyecto en las estaciones de carga en el año y	47.988,00	46.440,00	46.440,00	kW/h
SEC_{PJ, km, i, y}	Consumo específico de electricidad por km por vehículo de categoría i del proyecto en el año y en condiciones urbanas	0,93	0,9	0,9	kWh/km
PE_y	Total de emisiones del proyecto en el año y	10,08	9,75	9,75	tCO ₂

3.3.3 Reducción total de emisiones del proyecto

Se calcula el total de reducción de emisiones del proyecto (ER_y) para cada una de las tres tecnologías de buses eléctricos seleccionadas. En el caso del BYD, se obtiene una reducción de 509,96 toneladas de CO_{2-eq} anuales; mientras que para el Higer y el Sunlong reducen un total de 510,29 toneladas de CO_{2-eq} anuales cada uno.

3.4 MODELO DE NEGOCIO DE COMPENSACIÓN VOLUNTARIA DE

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

CARBONO

En esta sección se detallan los resultados de la evaluación de experiencias previas en mercados voluntarios de carbono y se plantea a partir de ellas el modelo de negocio a partir del modelo CANVAS de (Osterwalder & Pigneur, 2010). Adicionalmente, se exponen los resultados de la evaluación financiera realizada con base en los resultados de la reducción de emisiones del caso de estudio y el modelo de negocio planteado.

3.4.1 Experiencias previas en compensación voluntaria de carbono en Colombia

La principal experiencia previa de mercados voluntarios de carbono en Colombia es BanCO₂, de la cual se habló anteriormente en los Antecedentes. Complementario a la información que allí se presenta a continuación, se hablará de cómo está constituida organizacionalmente esta estrategia, la metodología que utiliza para la certificación de los bonos de carbono y su evolución.

3.4.1.1 ¿Cómo opera BanCO₂?

Actualmente BanCO₂ opera gracias a la Corporación para el Manejo Sostenible de los Bosques Masbosques, es una organización sin ánimo de lucro encargada de contratar al personal requerido para la operación de la estrategia y coordinar las diferentes estructuras que la conforman además del manejo del fondo al que llegan las donaciones.

Según lo expuesto por BanCO₂ (2017b) la meta de la estrategia al año 2021 es ser el principal esquema de pagos por servicios ambientales en Colombia y tener una cobertura de 20.000 familias distribuidas en el territorio nacional apoyándolas a través del costo de oportunidad por protección del medio ambiente, acompañado de educación, servicios financieros y proyectos productivos que les permitan mejorar su calidad de vida. Para cumplir con este propósito, se crearon dos estructuras BanCO₂ País y BanCO₂ Región.

3.4.1.1.1 BanCO₂ País

Como lo expone BanCO₂ (2017b) esta estructura tiene como funciones:

- a) promover la estrategia de BanCO₂ con el fin de implementar este esquema de pago por servicios ambientales en nuevas regiones;
- b) acompañar y capacitar a las autoridades ambientales en la ejecución de BanCO₂ en sus regiones;
- c) conseguir recursos y convenios con las empresas de la región;
- d) administrar la plataforma web de la estrategia;
- e) dar las directrices y guías para la caracterización, seguimiento, mercadeo, comunicaciones y demás procesos que se llevan a cabo en las regiones y en el país;
- f) gestionar la bancarización y los pagos a través de la fiduciaria Bancolombia;
- g) recibir y centralizar la información de las regiones para crear los indicadores ambientales y sociales; y
- h) realizar un seguimiento anual aleatorio a las autoridades ambientales.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

El esquema organizacional, se puede ver en la Ilustración 6.

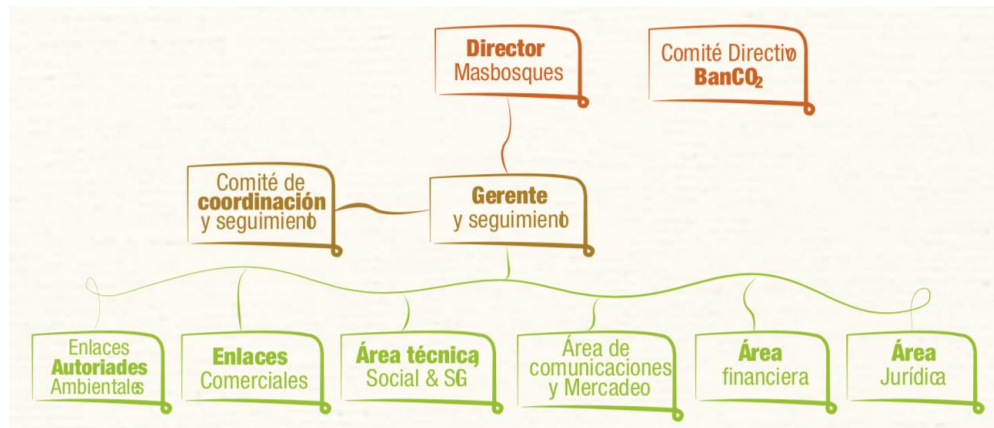


Ilustración 6. Estructura organizacional de la estructura BanCO2 País. Tomada de BanCO2 (2017b).

3.4.1.1.2 BanCO2 Región

La estructura BanCO2 Región es el enlace directo con BanCO2 país, coordina y hace seguimiento al convenio entre BanCO2 y la autoridad ambiental, conoce las áreas estratégicas de conservación de la región, realiza gestión comercial e identifica oportunidades con empresas para promover BanCO2 en su región; presenta a BanCO2 País la documentación y la intención de empresas interesadas en compensar en la región para la elaboración del convenio con Masbosques; y coordina el equipo de la autoridad ambiental que ejecutará la estrategia (BanCO2, 2017b). Las relaciones organizacionales entre las áreas se pueden ver en la Ilustración 7.

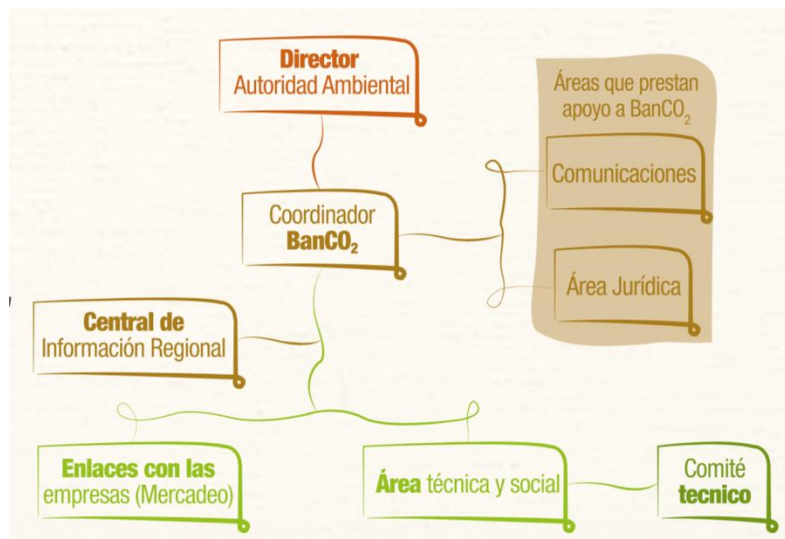


Ilustración 7. Esquema organizacional de la estructura BanCO2 Región. Tomado de BanCO2 (2017b)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.4.1.2 **Líneas estratégicas de conservación**

De acuerdo con el documento de BanCO2 (2017b), BanCO₂ posee actualmente cinco líneas estratégicas de conservación:

- ∞ **BanCO2 Plus:** Aplica para áreas ecosistémicas como bosques nativos, donde se pueda implementar la metodología diseñada por el ICONTEC, la cual se enfoca en la medición del stock de carbono almacenado por estos y que puede certificarse a través de este Instituto.
- ∞ **BanCO2 Áreas declaradas:** Aplica para el pago por servicio ambiental en pro de la protección, conservación y restauración de las áreas estratégicas declaradas por el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, tales como los páramos, humedales, entre otros.
- ∞ **BanCO2 BIO:** Aplica para la protección de ecosistemas o áreas de restauración donde habitan especies de fauna y flora de interés para su conservación. Es el caso del Puma concolor y el Oso Andino.
- ∞ **BanCO2 Regional:** Aplica para la protección, conservación y restauración de ecosistemas de alta importancia regional en la jurisdicción de la Autoridad Ambiental, quien a su vez es quien las selecciona.
- ∞ **BanCO2 Urbano:** Aplica para proteger o restaurar áreas naturales (parques, corredores viales, biológicos, humedales, etc.) en la jurisdicción de las autoridades ambientales metropolitanas.

Todas las líneas de conservación, preservación y restauración ambiental del esquema permiten que los recursos para los pagos por servicios ambientales procedan de compensaciones voluntarias y obligatorias. Cabe resaltar, que las autoridades ambientales, pueden hacer uso de los recursos derivados de las multas y sanciones para realizar pagos a las familias y comunidades de su jurisdicción. (BanCO2, 2017b)

3.4.1.3 **Certificación de los bonos de carbono**

El Protocolo para programas de compensación de emisiones de gases de efecto invernadero mediante la ejecución de actividades en el sector forestal (ESI-CC-002) fue creado por ICONTEC y establece los requisitos que deben cumplir los programas de compensación de emisiones de GEI mediante actividades del sector forestal para demostrar que son transparentes, pertinentes, confiables, continuos y exactos (BanCO2 & ICONTEC, 2017).

Gracias a este protocolo se establece la metodología para el monitoreo, reporte y verificación de la reducción de emisiones que se producen por proyectos del sector forestal tal y como lo es BanCO2. Esta metodología aplica solamente para la línea Plus de BanCO2 y es ICONTEC la entidad encargada de certificar los bonos de carbono (BanCO2 & ICONTEC, 2017).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.4.1.4 Participantes de la estrategia

Tal como lo explica la presentación de BanCO2 (2017a), en el componente financiero de BanCO₂ participan cuatro entidades: la Fiduciaria Bancolombia, los Aportantes, Masbosques y las familias socias de la estrategia; en la Ilustración 8 se detalla cada uno de ellos.

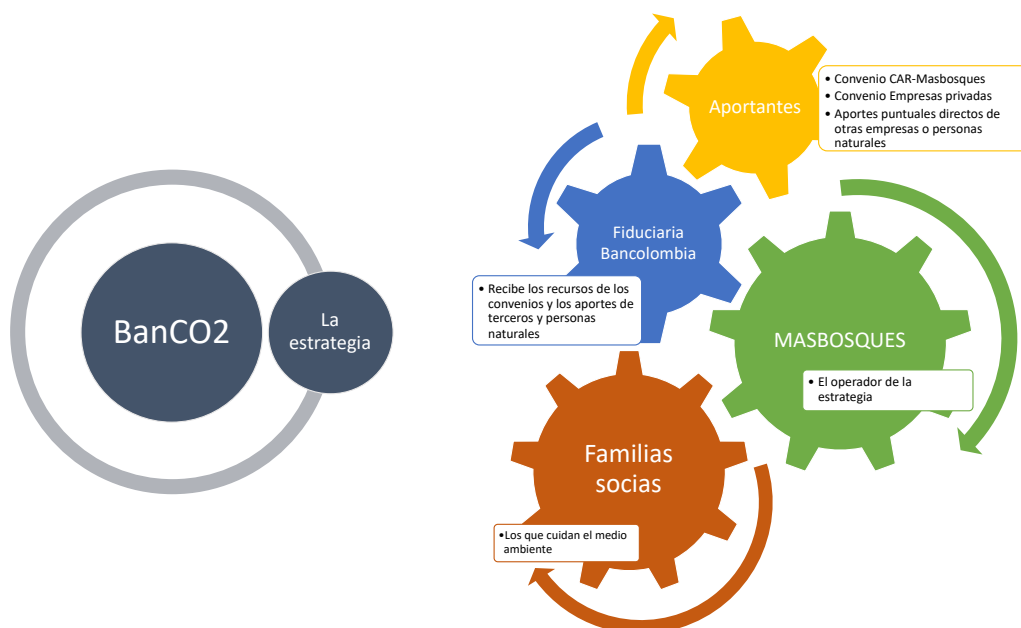


Ilustración 8. Participantes del componente financiero de la estrategia BanCO2.
Elaboración propia a partir de BanCO2 (2017a).

3.4.2 Modelo CANVAS de Strategyzer

Conforme a lo expuesto anteriormente en las secciones 2.4, 2.5.1 y 2.5.2, y las sugerencias realizadas por el director de este trabajo de grado y el profesor Vladimir Calle de la Universidad EIA, se plantea el modelo de negocio para incentivar el uso de buses eléctricos en el Valle de Aburrá a partir de la compensación voluntaria de carbono, posteriormente enmarcado en el caso de estudio seleccionado. Los resultados pueden observarse en la Ilustración 9 y la Ilustración 10.

El esquema del funcionamiento del modelo de negocio que se plantea en la Ilustración 9 se crea a partir de la suposición de que una empresa de transporte de pasajeros (sea privada o pública) esté interesada en realizar un cambio de tecnología de uno o más de sus vehículos; la primera barrera con la que se encuentra dicha empresa en la actualidad es que el precio de un vehículo de tecnologías limpias puede ser entre cuatro y siete veces más costoso que un vehículo de combustión interna.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

La propuesta para cubrir la diferencia monetaria que hay entre una tecnología y la otra es la venta de los bonos de carbono (que se generarían con la reconversión tecnología) en un mercado voluntario de carbono. Para esto, tendría que existir una entidad intermediaria entre la empresa transportadora y los compradores de bonos que se encargue de realizar el contacto entre las partes interesadas y también guiarlos a través del proceso.

Por lo anterior, se plantea que esta intermediación sea realizada por una Organización No Gubernamental (ONG) sin ánimo de lucro que además de ser la que integre y comunique a las partes involucradas durante las diferentes etapas del proyecto, se encargue de administrar los recursos financieros recogidos a través de un fondo de inversiones adherido a una entidad bancaria para, posteriormente, consignarle anualmente a la empresa de transporte la diferencia monetaria previamente acordada

Se debe tener en cuenta que, para poder realizar la venta de los bonos en un mercado voluntario, estos deben haber sido certificados previamente por una entidad acreditada para tal fin. También que, se debe realizar el monitoreo y reporte de la reducción de emisiones, lo que estaría a cargo de la ONG con los datos que le sean suministrados por la empresa de transporte; por esto y el acompañamiento en el proceso tanto de reconversión de tecnología como en la certificación de las emisiones se cobraría una comisión destinada al mantenimiento administrativo de la ONG.

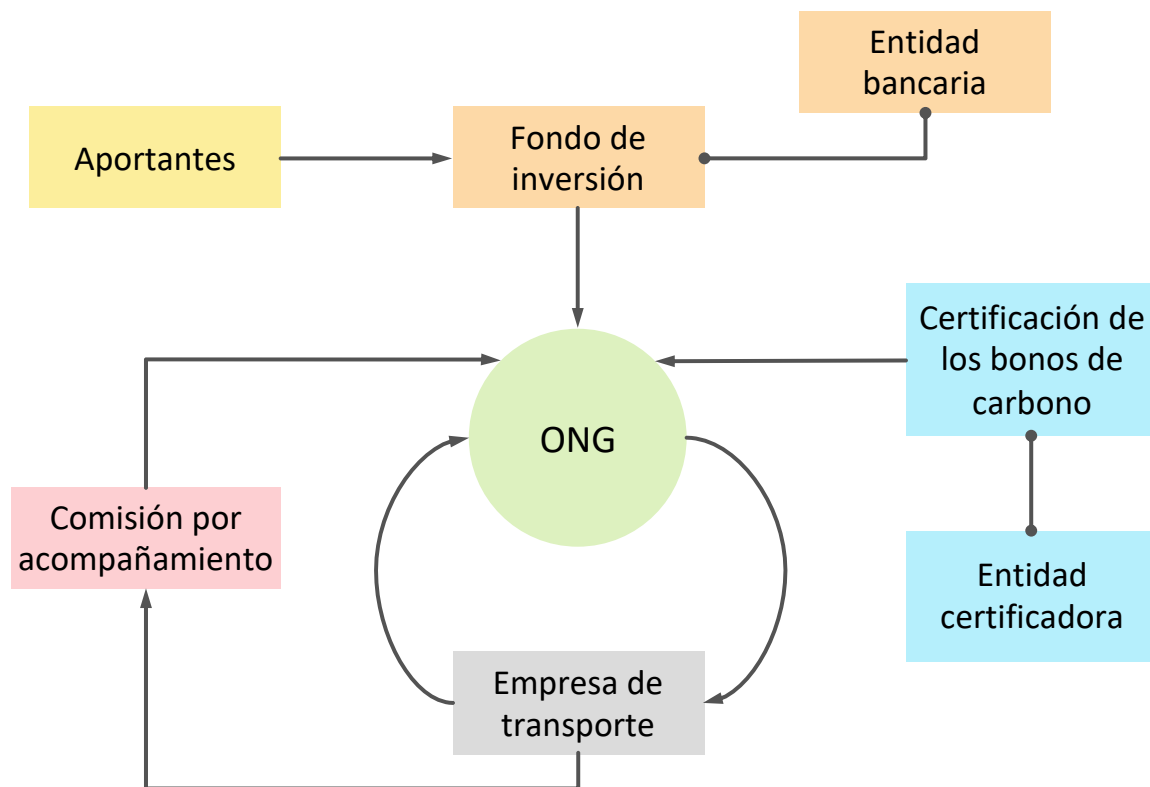


Ilustración 9. Planteamiento del modelo de negocio para incentivar el uso de buses eléctricos en el Valle de Aburrá a partir de la compensación voluntaria de carbono.

Con el esquema presentado en la Ilustración 9 se crea el modelo CANVAS de Strategyzer que se ve en la Ilustración 10; también puede ver el resultado en el Anexo 2. Modelo CANVAS de Strategyzer. Este modelo se enfoca solamente en el caso de estudio seleccionado, la ruta Exposiciones de la Universidad EIA tomando como supuesto que la empresa que haría la reconversión de tecnología es la empresa que actualmente opera la ruta, Seditrans y sería por solicitud de la Universidad EIA planteándole un contrato de permanencia de servicio de transporte a largo plazo (10 años) como garantía para que esta acepte realizar la inversión.

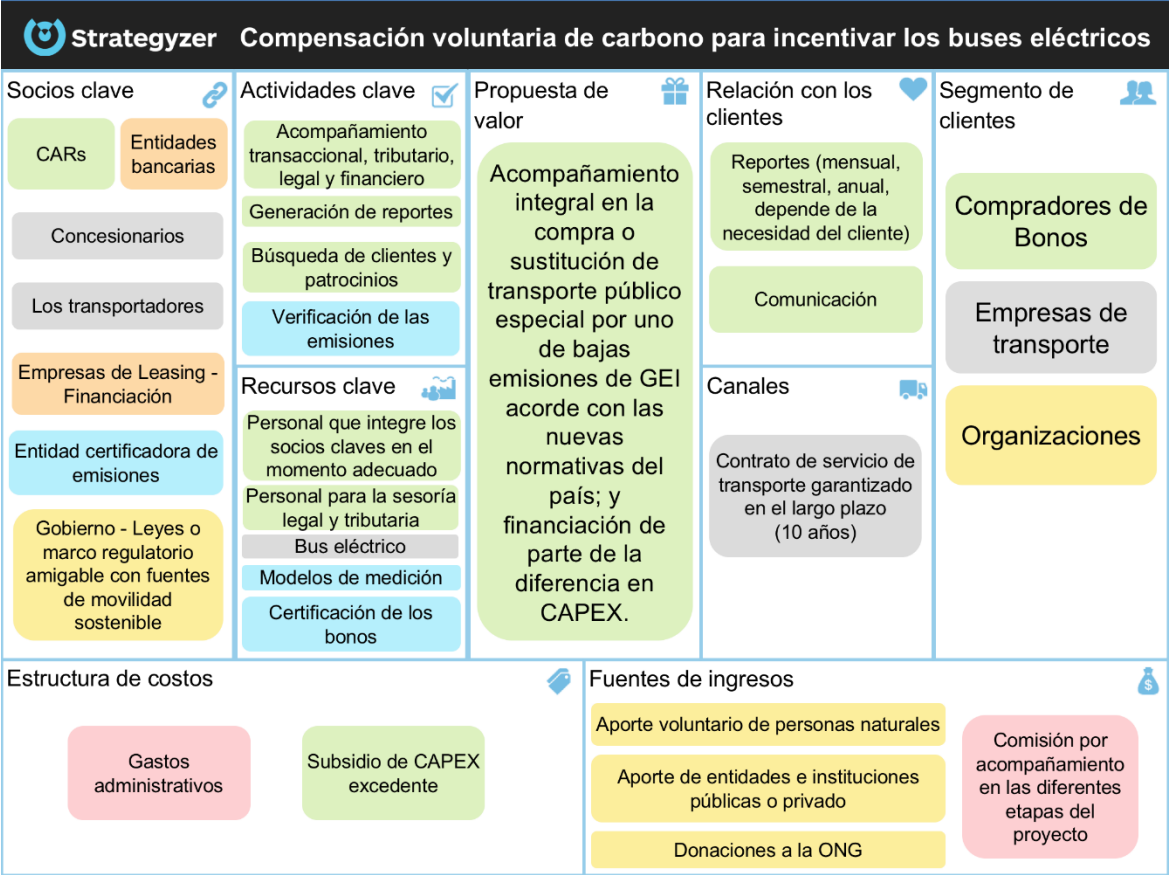


Ilustración 10. Planteamiento del modelo CANVAS para incentivar el uso de un bus eléctrico en la ruta del caso de estudio a partir de la compensación voluntaria de carbono.

La explicación de a qué debe responder cada uno de los bloques de acuerdo con la metodología de Osterwalder & Pigneur (2010) y lo que se propone con este modelo de negocio se presenta a continuación.

3.4.2.1 Segmento de clientes

Una organización sirve a uno o varios segmentos de clientes, este bloque pretende entonces definir a cuál o cuáles segmentos de clientes la organización quiere alcanzar y

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

servir. Los clientes deben ser separados en grupos de acuerdo con sus necesidades, su comportamiento, el canal por el cual son alcanzados o la relación que se tiene con ellos (Osterwalder & Pigneur, 2010).

Se deben responder las preguntas ¿para quién estoy creando valor?, ¿cuáles son los clientes más importantes? (Osterwalder & Pigneur, 2010).

Los clientes para los que se desarrolla la propuesta de valor son: (a) los compradores de bonos, que podrían ser organizaciones nacionales e internacionales o personas naturales; (b) las empresas de transporte privadas de pasajeros, en este caso Seditrans; (c) las organizaciones, la Universidad EIA.

3.4.2.2 *Propuesta de valor*

La propuesta de valor describe el paquete de productos que crea valor para un segmento de clientes específico, es la razón por la cual los clientes eligen esta empresa y no otra y debe resolver el problema o las necesidades del cliente (Osterwalder & Pigneur, 2010).

En este segmento se debe dar solución a las preguntas ¿qué valor se le está entregando al cliente?, ¿cuál problema de los clientes estamos ayudando a solucionar?, ¿cuál de las necesidades del cliente se está satisfaciendo?, ¿qué productos o servicios se ofrecen a cada segmento de clientes? (Osterwalder & Pigneur, 2010).

La propuesta de valor del modelo de negocio es el acompañamiento integral en la compra o sustitución de transporte público especial por uno de bajas emisiones de GEI acorde con las nuevas normativas del país; y financiación de parte de la diferencia en CAPEX.

3.4.2.3 *Canales*

Los canales describen cómo alcanza y se comunica la empresa con los clientes para entregarles la propuesta de valor. Esta se lleva a los clientes a través de los canales de comunicación, distribución y ventas; juegan un papel importante en la experiencia percibida por el cliente, además de que ayuda a dar a conocer a la empresa y los productos y servicios que esta brinda a los clientes (Osterwalder & Pigneur, 2010).

Se deben responder las preguntas ¿por cuáles canales quieren ser alcanzados nuestros clientes?, ¿cuáles son los canales por los cuales los estamos alcanzando ahora?, ¿cómo se integran estos canales?, ¿cuál funciona mejor?, ¿los canales se acoplan a la rutina de nuestros clientes? (Osterwalder & Pigneur, 2010).

El canal por el cual se quiere alcanzar al cliente (Seditrans) es, como ya se mencionó, el contrato de servicio de transporte garantizado a largo plazo.

3.4.2.4 *Relación con los clientes*

Describe el tipo de relación que la empresa quiere establecer y mantener con cada segmento de clientes, puede ser de tipo personal o automatizada y debe estar dirigida a la

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

adquisición y retención de los clientes para aumentar las ganancias de la empresa (Osterwalder & Pigneur, 2010).

Se debe responder ¿qué tipo de relación se quiere establecer y mantener con los clientes?, ¿cuáles se han establecido? ¿Qué costo tiene cada tipo de relación con los clientes? ¿Qué tan integradas están con el resto del modelo de negocio? (Osterwalder & Pigneur, 2010).

La relación de la ONG con el cliente sería de tipo personal a través de la comunicación por llamadas telefónicas y correo electrónico y automatizada en el caso de los reportes (mensuales y/o anuales) de la reducción de emisiones

3.4.2.5 Fuentes de ingresos

Es el resultado efectivo de la oferta de la propuesta de valor hacia los clientes; se debe analizar muy bien cuánto están dispuestos a pagar los clientes por los productos o servicios que la empresa les quiere ofrecer (Osterwalder & Pigneur, 2010).

Se deben responder las preguntas ¿cuánto están dispuestos a pagar?, ¿por qué tipo de productos o servicios pagan normalmente?, ¿cómo realizan el pago?, ¿cómo prefieren pagar?, ¿cuánto contribuye cada flujo de dinero a los ingresos generales? (Osterwalder & Pigneur, 2010).

Los ingresos podrían ser por el aporte voluntario de personas naturales u organizaciones por la compra de los bonos de carbono, donaciones adicionales a la ONG y la comisión por el acompañamiento en las diferentes etapas del proyecto.

3.4.2.6 Recursos clave

En este bloque se describe cuáles son los recursos físicos, económicos, intelectuales o humanos que son indispensables para poder crear, ofrecer y entregar la propuesta de valor al cliente, alcanzar nuevos mercados, mantener las relaciones con los clientes y generar ganancias (Osterwalder & Pigneur, 2010).

Como recursos clave se identificaron la asesoría legal y tributaria para aprovechar todos los incentivos que estas puedan traer al proyecto y el personal encargado de esto, el personal que integre los socios clave en el momento en que se necesite cada uno, la certificación de los bonos ya que sin ella no se pueden vender y finalmente la inversión en el bus eléctrico.

3.4.2.7 Actividades clave

Aquí se deben incluir las actividades clave para que el modelo de negocio opere exitosamente, al igual que los recursos clave, las que son indispensables para crear, ofrecer y entregar la propuesta de valor al cliente, alcanzar nuevos mercados, mantener las relaciones con los clientes y generar ganancias (Osterwalder & Pigneur, 2010).

Las actividades clave para garantizar que la ONG pueda generar y entregar la propuesta de valor, comunicarse con los clientes y generar ingresos serían: el acompañamiento

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

transaccional, legal, tributario y financiero a la empresa de transporte; la generación de reportes; el proceso de certificación de los bonos de carbono; y la búsqueda de clientes y patrocinios.

3.4.2.8 *Socios clave*

En este bloque se describe cuál es la red de proveedores y socios que debe tener el negocio para que funcione, se debe pensar en la optimización del modelo, la reducción de riesgos y la facilidad para adquirir recursos o alianzas para no tener que adquirirlos (Osterwalder & Pigneur, 2010).

Se debe responder ¿quiénes son los aliados estratégicos?, ¿quiénes son los proveedores estratégicos?, ¿qué actividades clave llevan a cabo los aliados estratégicos?, ¿cuáles son los recursos clave que aportan los proveedores estratégicos? (Osterwalder & Pigneur, 2010).

Los socios clave en la operación son las CAR, las entidades bancarias, los transportadores o empresas de transporte de pasajeros, las empresas de Leasing para la financiación y el gobierno como ente creador del marco regulatorio para incentivar el uso de fuentes de movilidad sostenible. Como proveedor estratégico se tienen los concesionarios de los vehículos eléctricos.

3.4.2.9 *Estructura de costos*

Se describen todos los costos en los que se incurre al entrar en operación; al crear y entregar la propuesta de valor, el sostenimiento de la relación con los clientes y todo lo que para generar ingresos requiera de costos (Osterwalder & Pigneur, 2010).

Se deben responder las preguntas ¿cuáles son los costos más importantes que son inherentes al negocio?, ¿cuáles son los recursos clave más costosos?, ¿cuáles son las actividades clave más costosas? (Osterwalder & Pigneur, 2010).

Dentro de la estructura de costos se consideran los gastos administrativos además del pago de la diferencia (CAPEX) entre un bus eléctrico y un bus de combustión a diésel. Los gastos administrativos se esperan cubrir con las comisiones por el acompañamiento mientras que el otro se debe cubrir con los demás ingresos.

3.4.3 Resultados de la evaluación financiera del caso de estudio

Para la evaluación financiera del caso de estudio se tienen en cuenta las consideraciones que se describen a continuación.

Los ingresos por pasajeros y el combustible diésel aumentan año a año con el IPC (Índice de Precios del Consumidor); el mantenimiento y la energía eléctrica crecen acorde con el IPP (Índice de Precios del Productor). Para ambos índices se estima un valor promedio a partir del porcentaje de variación de los datos del IPC e IPP de los últimos 10 años (2008 a 2017) tomando como base los datos de DANE (2018) y el Banco de la República (2018)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

respectivamente. Estos se presentan en la Tabla 6 de acuerdo con ello, los valores utilizados para el IPC y el IPP son 4,12% y 3,7% respectivamente.

Tabla 6. Datos del IPC y el IPP tomados para la evaluación financiera.

Año	Variación IPC	Variación IPP
2008	7,67%	8,44%
2009	2,00%	2,18%
2010	3,17%	5,76%
2011	3,73%	8,65%
2012	2,44%	-4,86%
2013	1,94%	-0,07%
2014	3,66%	6,02%
2015	6,77%	5,48%
2016	5,75%	2,16%
2017	4,09%	3,28%
Promedio	4,12%	3,70%

Se toma el vehículo de referencia (Chevrolet FRR Forward) como guía para buscar el precio del bus a utilizar dentro de la evaluación financiera, finalmente se utiliza el que se reporta en la página web de Diesel Andino (2018), \$166.135.000 COP. El precio del bus eléctrico elegido para la evaluación financiera (ver sección 3.2) se obtuvo gracias a los datos de investigaciones previas del grupo de investigación EnergEIA, este es \$193.000 USD. Para la tasa de cambio del dólar se coge el promedio histórico para el año 2018 reportado en DolarWeb (2018).

Con la finalidad de simplificar el análisis financiero se asume que la inversión inicial se hace a través del financiamiento del 100% del monto con una organización que ofrezca el servicio de Leasing. Teniendo esto en mente, se recurre a diferentes entidades bancarias como Bancolombia, Davivienda y el Banco de Bogotá a través de visitas personales, llamadas telefónicas y correos electrónicos con el fin de consultar una tasa de interés aproximada al valor real que podría ofrecerle el banco a una empresa de transporte como Seditrans.

Lamentablemente, ninguna de estas entidades proporcionó una tasa de interés aproximada para la inversión en tecnologías limpias (como el bus eléctrico) ni para la inversión del bus diésel. Sin embargo, se tomó para ambos casos la tasa de interés que arroja el Simulador de Canon Financiero para Empresas de Bancolombia (2018), 14,14% anual con un plazo de la deuda a 10 años.

El costo del mantenimiento del bus a diésel se estimó gracias a una tarifa de \$800 COP/km brindada por la empresa Seditrans; este incluye la revisión técnico-mecánica, el mantenimiento preventivo y correctivo, el cambio de llantas, lubricantes y aceites. Mientras que el costo de mantenimiento utilizado para el bus eléctrico es el valor proporcionado por el fabricante y recopilado por el grupo de investigación EnergEIA de la Universidad EIA de \$536 COP/km.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Para el cálculo de los ingresos de la empresa de transporte de la evaluación financiera se multiplica la tarifa del bus por el número de pasajeros promedio de cada viaje por el número total de viajes que realiza la ruta en un año (3.2.2). La tarifa del bus con la que se comenzó este año es de \$3.550 COP/pasajero; en promedio, esta ruta la frecuentan 20 personas en cada viaje.

Con el fin de estimar el precio de las comisiones por acompañamiento se contactaron dos empresas de consultoría, de una de ellas no se obtuvo ninguna respuesta y la otra contestó que no podía brindar un valor aproximado así fuera solamente con fines académicos; por lo tanto, este ítem fue excluido del análisis. Para el precio promedio por tonelada de CO₂ reducida se tomó como referencia el valor de \$9.000 COP/ tCO₂ valor actual de la estrategia BanCO₂. El precio promedio del bono de carbono en el mercado internacional para el año 2018 hasta el mes de abril es de \$10,66 EUR sin embargo, no se toma este valor para el caso base (SendeCO₂, 2018).

En el tema de la validación y verificación de las emisiones se contactó vía correo electrónico y llamadas telefónicas a la empresa encargada en Colombia, ICONTEC, de la cual se obtuvo un valor aproximado de \$1.222 USD por día por evaluador; sin embargo, este precio no se incluyó dentro de la evaluación financiera puesto que corresponde a un valor aproximado para proyectos de una escala superior al que se propone en este trabajo de grado.

Con los datos disponibles para la evaluación financiera, se elaboran dos evaluaciones financieras, una a 10 años y la otra a 15 años considerando la vida útil de la batería del vehículo eléctrico. Solamente para la de 10 años se realiza un análisis de sensibilidad de las variables: precio del bono de carbono, precio del bus eléctrico, tasa de interés del préstamo, tarifa del bus y precio de la energía. Para el precio de la energía solo se considera el OPEX, mientras que en las demás solo el CAPEX.

Este análisis se realiza utilizando la herramienta “Análisis Y si – Buscar objetivo” de Excel para encontrar el valor mínimo o máximo (dependiendo del caso) que deberá tener cada una de las variables para que el VPN del Escenario 2 antes del aporte anual de la ONG sea cero.

3.4.3.1 *Análisis a 10 años*

Los datos de entrada para el Escenario 1: donde la empresa de transporte realiza la compra del bus a diésel y el Escenario 2: donde la empresa de transporte realiza la compra del bus eléctrico se presentan en la Tabla 7 y la Tabla 8 respectivamente; mientras que los del modelo financiero de la ONG están consolidados en la Tabla 9. En la Tabla 10, Tabla 11 y Tabla 12 se presentan los resultados para los modelos financieros de los Escenarios 1 y 2 y la ONG respectivamente. Para ver más detalladamente los datos, cálculos y resultados anteriormente mencionados diríjase la hoja “10 años” del archivo de Excel que se presenta en el Anexo 3. Evaluación financiera.

Tabla 7. Datos de entrada para el modelo financiero del Escenario 1: la empresa de transporte compra el bus diésel

Bus a Diesel - Chevrolet FRR Forward 2013		
Datos generales		
Precio Diesel	\$8.370	COP/gal
Rendimiento	10	km/gal
Distancia recorrida al año	51.600	km/año
IPC	4,12%	
IPP	3,70%	
Vida útil	10	años
WACC	10,48%	
Inflación	4,09%	
Financiación		
Prestamo	100%	
Plazo	10	años
Tasa de interés	14,14%	anual
Ingresos		
Número total de viajes	2.580	anual
Promedio de pasajeros por viaje	20	Pasajeros
Tarifa del bus	\$3.550	COP/pasajero
Ingresos por pasajeros	\$183.180.000	COP/año
Costos		
Inversión inicial	\$166.135.000	COP
Costo Diesel	\$43.189.200	COP/año
Mantenimiento	\$41.280.000	COP/año

Tabla 8. Datos de entrada para el modelo financiero del Escenario 2: la empresa de transporte compra el bus eléctrico

Bus eléctrico		
Datos generales		
Precio energía	\$440	COP/kWh
Variación precio energía	3,7%	
Rendimiento	0,9	km/kWh
Distancia recorrida al año	51.600	km/año
IPC	4,12%	
IPP	3,70%	
Vida útil	10	años
WACC	10,48%	

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Bus eléctrico	
Inflación	4,09%
Financiación	
Prestamo	100%
Plazo	10 años
Tasa de interés	14,14% anual
Ingresos	
Número total de viajes	2.580 anual
Promedio de pasajeros por viaje	20 Pasajeros
Tarifa del bus	\$3.550 COP/pasajero
Ingresos por pasajeros	\$183.180.000 COP/año
Costos	
Inversión inicial	\$547.155.000 COP
Precio del bus	\$193.000,00 USD
Cambio del dólar	\$2.835 COP
Costo energía	\$25.226.667 COP/año
Mantenimiento	\$27.657.600 COP/año

Tabla 9. Datos de entrada para el modelo financiero de la ONG

ONG	
Datos generales	
Variación precio bonos de carbono	3,70%
IPC	4,12%
IPP	3,70%
Bonos CO2 en Europa	€ 10,66 EUR
Tasa de cambio Euro	\$3.399 COP
Ingresos	
Bonos de carbono	\$4.592.586 COP/año
Reducción de emisiones	510,29 tCO ₂ /año
Valor de cada bono	\$9.000 COP/t
Comisión por acompañamiento	COP/año
Costos	
Validación reducción emisiones	\$- COP/día
Verificación reducción emisiones	\$- COP/día

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 10. Resultados a 10 años del modelo financiero del Escenario 1: la empresa de transporte compra el bus diésel

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Chevrolet FRR Forward 2013	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Ingresos por pasajeros		\$ 190.730.680	\$ 198.592.598	\$ 206.778.585	\$ 215.301.998	\$ 224.176.747	\$ 233.417.312	\$ 243.038.774	\$ 253.056.832	\$ 263.487.835	\$ 274.348.803	\$ 285.657.461	\$ 297.432.262	\$ 309.692.419	\$ 322.457.941	\$ 335.749.657
Inversión inicial	-\$ 166.135.000															
Mantenimiento		-\$ 42.808.891	-\$ 44.394.408	-\$ 46.038.647	-\$ 47.743.785	-\$ 49.512.075	-\$ 51.345.858	-\$ 53.247.559	-\$ 55.219.694	-\$ 57.264.870	-\$ 59.385.794	-\$ 61.585.271	-\$ 63.866.210	-\$ 66.231.629	-\$ 68.684.655	-\$ 71.228.535
Fuente de poder (diesel)		-\$ 44.969.459	-\$ 46.823.100	-\$ 48.753.148	-\$ 50.762.753	-\$ 52.855.194	-\$ 55.033.885	-\$ 57.302.381	-\$ 59.664.385	-\$ 62.123.751	-\$ 64.684.492	-\$ 67.350.787	-\$ 70.126.987	-\$ 73.017.621	-\$ 76.027.407	-\$ 79.161.257
Financiación		-\$ 32.024.537	-\$ 32.024.537	-\$ 32.024.537	-\$ 32.024.537	-\$ 32.024.537	-\$ 32.024.537	-\$ 32.024.537	-\$ 32.024.537	-\$ 32.024.537	-\$ 32.024.537	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Otros ingresos		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total accionista	-\$ 166.135.000	\$ 70.927.793	\$ 75.350.554	\$ 79.962.253	\$ 84.770.924	\$ 89.784.941	\$ 95.013.033	\$ 100.464.297	\$ 106.148.216	\$ 112.074.676	\$ 118.253.980	\$ 156.721.402	\$ 163.439.064	\$ 170.443.169	\$ 177.745.878	\$ 185.359.865
VPN	\$443.079.270															
TIR	48,72%															

Tabla 11. Resultados a 10 años del modelo financiero del Escenario 2: la empresa de transporte compra el bus eléctrico

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Bus eléctrico	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Ingresos por pasajeros		\$ 190.730.680	\$ 198.592.598	\$ 206.778.585	\$ 215.301.998	\$ 224.176.747	\$ 233.417.312	\$ 243.038.774	\$ 253.056.832	\$ 263.487.835	\$ 274.348.803
Inversión inicial	-\$ 547.155.000										
Mantenimiento		-\$ 28.681.957	-\$ 29.744.253	-\$ 30.845.894	-\$ 31.988.336	-\$ 33.173.090	-\$ 34.401.725	-\$ 35.675.865	-\$ 36.997.195	-\$ 38.367.463	-\$ 39.788.482
Fuente de poder (electricidad)		-\$ 26.160.989	-\$ 27.129.916	-\$ 28.134.729	-\$ 29.176.757	-\$ 30.257.379	-\$ 31.378.025	-\$ 32.540.175	-\$ 33.745.368	-\$ 34.995.199	-\$ 36.291.319
Financiación		-\$ 105.470.764	-\$ 105.470.764	-\$ 105.470.764	-\$ 105.470.764	-\$ 105.470.764	-\$ 105.470.764	-\$ 105.470.764	-\$ 105.470.764	-\$ 105.470.764	-\$ 105.470.764
Otros ingresos		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total accionista	-\$ 547.155.000	\$ 30.416.970	\$ 36.247.665	\$ 42.327.199	\$ 48.666.142	\$ 55.275.513	\$ 62.166.799	\$ 69.351.970	\$ 76.843.505	\$ 84.654.409	\$ 92.798.238
VPN sin pago ONG	-\$220.162.586										
TIR sin pago ONG	1,42%										
Diferencia entre los dos buses		\$ 40.510.823	\$ 39.102.889	\$ 37.635.054	\$ 36.104.783	\$ 34.509.428	\$ 32.846.234	\$ 31.112.327	\$ 29.304.711	\$ 27.430.267	\$ 25.485.741
Diferencia pagada por ONG		\$ 4.762.682	\$ 4.939.078	\$ 5.122.007	\$ 5.311.712	\$ 5.508.442	\$ 5.712.459	\$ 5.924.031	\$ 6.143.440	\$ 6.370.975	\$ 6.606.938
Total real	-\$ 547.155.000	\$ 35.179.652	\$ 41.186.744	\$ 47.449.206	\$ 53.977.853	\$ 60.783.955	\$ 67.879.257	\$ 75.276.001	\$ 82.986.945	\$ 91.025.384	\$ 99.405.176
VPN Real	-\$187.198.042										
TIR real	2,91%										

Tabla 12. Resultados a 10 años del modelo financiero de la ONG

ONG	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Venta de bonos de carbono		\$ 4.762.682	\$ 4.939.078	\$ 5.122.007	\$ 5.311.712	\$ 5.508.442	\$ 5.712.459	\$ 5.924.031	\$ 6.143.440	\$ 6.370.975	\$ 6.606.938
Comisión por acompañamiento		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Validación reducción de emisiones		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Verificación reducción emisiones		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total	\$ -	\$ 4.762.682	\$ 4.939.078	\$ 5.122.007	\$ 5.311.712	\$ 5.508.442	\$ 5.712.459	\$ 5.924.031	\$ 6.143.440	\$ 6.370.975	\$ 6.606.938
VPN	\$45.925.864										

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

De lo anterior se resume que el Escenario 1 para el primer año de operación se tienen unos ingresos de \$190.730.680 COP, un costo de mantenimiento de \$42.808.891 COP, un costo de la fuente de poder (diésel) de \$44.969.459 COP y una cuota fija de financiación de la deuda de \$32.024.537 COP. Para los 10 años de operación, el resultado del VPN y la TIR del proyecto es de \$370.012.600 COP y 47,13% respectivamente.

En el Escenario 2 para el primer año de operación se tienen los mismos ingresos del Escenario 1 (\$190.730.680 COP), un costo de mantenimiento de \$ 28.681.957 COP, un costo de la fuente de poder (energía eléctrica) de \$26.160.989 COP y una cuota fija de financiación de la deuda de \$105.470.764 COP. Para los 10 años de operación, el resultado del VPN y la TIR del proyecto, sin considerar el aporte anual de la ONG, es de -\$220.162.586 COP y 1,42% respectivamente. Al considerar el aporte anual de la ONG (\$4.762.682 COP en el primer año) el VPN baja a -\$187.198.042 y se tiene una TIR del 2,91%. En la Tabla 13 se recopilan los resultados.

Tabla 13. Resumen de los resultados financieros para el análisis de 10 años

Escenarios	Parámetros	10 años
Bus a Diesel	VPN	\$370.012.600
	TIR	47,13%
Bus eléctrico	VPN sin pago ONG	-\$220.162.586
	TIR sin pago ONG	1,42%
	VPN Real	-\$187.198.042
	TIR real	2,91%
ONG	VPN	\$370.012.600

Acorde con lo anterior, se tiene como resultado que con las variables de entrada que se consideraron en este modelo financiero no es posible la financiación de la diferencia en CAPEX con la venta de los bonos de carbono generados por la reconversión de tecnología teniendo en cuenta que la reducción de emisiones es de 510,29 tCO₂ y el precio por tonelada de carbono es de \$9.000 COP.

En vista de esto, se realiza un análisis de sensibilidad de las variables: precio del bono de carbono, precio del bus eléctrico, tasa de interés del préstamo, tarifa del bus y precio de la energía; con el fin de conocer el valor mínimo o máximo (dependiendo del caso) que cada una debería tener para que el VPN del Escenario 2 antes del aporte de la ONG sea cero. Los resultados de este análisis se presentan en la sección 3.4.3.3.

3.4.3.2 Análisis a 15 años

Los datos de entrada para ambos escenarios y la ONG son los mismos, lo único que cambia es la vida útil de los buses. En la Tabla 15, Tabla 16 y Tabla 17 se presentan los resultados para los Escenarios 1 y 2 y la ONG respectivamente. Para ver más detalladamente los datos, cálculos y resultados anteriormente mencionados diríjase la hoja “15 años” del archivo de Excel que se presenta en el Anexo 3. Evaluación financiera.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

De lo anterior se resume que en los Escenarios 1 y 2 la inversión inicial, los ingresos, el costo por mantenimiento, el costo de la fuente de poder y la cuota fija de financiación permanecen iguales a como se describe en la sección 3.4.3.1. El cambio en el VPN y la TIR de cada uno se describe a continuación y se evidencia en la Tabla 14.

Para el Escenario 1 el VPN y la TIR pasan de \$370.012.600 COP y 47,13% a \$604.098.681 COP y 48,72% respectivamente. En el Escenario 2, el VPN y la TIR antes de considerar el aporte de la ONG son en ese orden \$88.636.845 COP y 12,33%; obteniendo una rebaja en el VPN del 140,26% y un aumento en la TIR de 10,91%. Al considerar en el Escenario 2 el aporte anual de la ONG el VPN y la TIR son \$131.728.280 COP y 13,22% en ese orden; lo que indica que hubo una rebaja del 170,37% en el VPN y un aumento en la TIR del 10,31%.

Tabla 14. Resumen de los resultados financieros para los análisis de 10 y 15 años

Escenarios	Parámetros	10 años	15 años
Bus a Diesel	VPN	\$370.012.600	\$604.098.681
	TIR	47,13%	48,72%
Bus eléctrico	VPN sin pago ONG	-\$220.162.586	\$88.636.845
	TIR sin pago ONG	1,42%	12,33%
	VPN Real	-\$187.198.042	\$131.728.280
	TIR real	2,91%	13,22%
ONG	VPN	\$370.012.600	\$604.098.681

Este hallazgo indica que con un panorama de 15 años donde hay más de ingresos por el transporte de pasajeros y la venta de los bonos de carbono, manteniendo las condiciones iniciales sí es viable el proyecto por si solo sin necesidad del aporte de la ONG para cubrir la diferencia en CAPEX de las dos tecnologías.

Tabla 15. Resultados a 15 años del modelo financiero del Escenario 1: la empresa de transporte compra el bus diésel

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Chevrolet FRR Forward 2013	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
Ingresos por pasajeros		\$ 190.730.680	\$ 198.592.598	\$ 206.778.585	\$ 215.301.998	\$ 224.176.747	\$ 233.417.312	\$ 243.038.774	\$ 253.056.832	\$ 263.487.835	\$ 274.348.803	\$ 285.657.461	\$ 297.432.262	\$ 309.692.419	\$ 322.457.941	\$ 335.749.657
Inversión inicial	-\$ 166.135.000															
Mantenimiento		-\$ 42.808.891	-\$ 44.394.408	-\$ 46.038.647	-\$ 47.743.785	-\$ 49.512.075	-\$ 51.345.858	-\$ 53.247.559	-\$ 55.219.694	-\$ 57.264.870	-\$ 59.385.794	-\$ 61.585.271	-\$ 63.866.210	-\$ 66.231.629	-\$ 68.684.655	-\$ 71.228.535
Fuente de poder (diesel)		-\$ 44.969.459	-\$ 46.823.100	-\$ 48.753.148	-\$ 50.762.753	-\$ 52.855.194	-\$ 55.033.885	-\$ 57.302.381	-\$ 59.664.385	-\$ 62.123.751	-\$ 64.684.492	-\$ 67.350.787	-\$ 70.126.987	-\$ 73.017.621	-\$ 76.027.407	-\$ 79.161.257
Financiación		-\$ 32.024.537	-\$ 32.024.537	-\$ 32.024.537	-\$ 32.024.537	-\$ 32.024.537	-\$ 32.024.537	-\$ 32.024.537	-\$ 32.024.537	-\$ 32.024.537	-\$ 32.024.537	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Otros ingresos		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total accionista	-\$ 166.135.000	\$ 70.927.793	\$ 75.350.554	\$ 79.962.253	\$ 84.770.924	\$ 89.784.941	\$ 95.013.033	\$ 100.464.297	\$ 106.148.216	\$ 112.074.676	\$ 118.253.980	\$ 156.721.402	\$ 163.439.064	\$ 170.443.169	\$ 177.745.878	\$ 185.359.865
VPN	\$604.098.681															
TIR	48,72%															

Tabla 16. Resultados a 15 años del modelo financiero del Escenario 2: la empresa de transporte compra el bus eléctrico

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Bus eléctrico	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
Ingresos por pasajeros		\$ 190.730.680	\$ 198.592.598	\$ 206.778.585	\$ 215.301.998	\$ 224.176.747	\$ 233.417.312	\$ 243.038.774	\$ 253.056.832	\$ 263.487.835	\$ 274.348.803	\$ 285.657.461	\$ 297.432.262	\$ 309.692.419	\$ 322.457.941	\$ 335.749.657
Inversión inicial	-\$ 547.155.000															
Mantenimiento		-\$ 28.681.957	-\$ 29.744.253	-\$ 30.845.894	-\$ 31.988.336	-\$ 33.173.090	-\$ 34.401.725	-\$ 35.675.865	-\$ 36.997.195	-\$ 38.367.463	-\$ 39.788.482	-\$ 41.262.132	-\$ 42.790.361	-\$ 44.375.191	-\$ 46.018.719	-\$ 47.723.118
Fuente de poder (electricidad)		-\$ 26.160.989	-\$ 27.129.916	-\$ 28.134.729	-\$ 29.176.757	-\$ 30.257.379	-\$ 31.378.025	-\$ 32.540.175	-\$ 33.745.368	-\$ 34.995.199	-\$ 36.291.319	-\$ 37.635.444	-\$ 39.029.351	-\$ 40.474.884	-\$ 41.973.956	-\$ 43.528.549
Financiación		-\$ 105.470.764	-\$ 105.470.764	-\$ 105.470.764	-\$ 105.470.764	-\$ 105.470.764	-\$ 105.470.764	-\$ 105.470.764	-\$ 105.470.764	-\$ 105.470.764	-\$ 105.470.764	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Otros ingresos		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total accionista	-\$ 547.155.000	\$ 30.416.970	\$ 36.247.665	\$ 42.327.199	\$ 48.666.142	\$ 55.275.513	\$ 62.166.799	\$ 69.351.970	\$ 76.843.505	\$ 84.654.409	\$ 92.798.238	\$ 206.759.886	\$ 215.612.550	\$ 224.842.344	\$ 234.465.266	\$ 244.497.990
VPN sin pago ONG	\$88.636.845															
TIR sin pago ONG	12,33%															
Diferencia pagada por ONG HDC		\$ 4.762.682	\$ 4.939.078	\$ 5.122.007	\$ 5.311.712	\$ 5.508.442	\$ 5.712.459	\$ 5.924.031	\$ 6.143.440	\$ 6.370.975	\$ 6.606.938	\$ 6.851.639	\$ 7.105.404	\$ 7.368.568	\$ 7.641.478	\$ 7.924.496
Total real	-\$ 547.155.000	\$ 35.179.652	\$ 41.186.744	\$ 47.449.206	\$ 53.977.853	\$ 60.783.955	\$ 67.879.257	\$ 75.276.001	\$ 82.986.945	\$ 91.025.384	\$ 99.405.176	\$ 213.611.525	\$ 222.717.954	\$ 232.210.912	\$ 242.106.744	\$ 252.422.486
VPN Real	\$131.728.280															
TIR real	13,22%															

Tabla 17. Resultados a 15 años del modelo financiero de la ONG

ONG	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Venta de bonos de carbono		\$ 4.762.682	\$ 4.939.078	\$ 5.122.007	\$ 5.311.712	\$ 5.508.442	\$ 5.712.459	\$ 5.924.031	\$ 6.143.440	\$ 6.370.975	\$ 6.606.938	\$ 6.851.639	\$ 7.105.404	\$ 7.368.568	\$ 7.641.478	\$ 7.924.496
Comisión por acompañamiento		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Validación reducción de emisiones		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Verificación reducción emisiones		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total	\$ -	\$ 4.762.682	\$ 4.939.078	\$ 5.122.007	\$ 5.311.712	\$ 5.508.442	\$ 5.712.459	\$ 5.924.031	\$ 6.143.440	\$ 6.370.975	\$ 6.606.938	\$ 6.851.639	\$ 7.105.404	\$ 7.368.568	\$ 7.641.478	\$ 7.924.496
VPN	\$68.888.796															

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.4.3.3 Análisis de sensibilidad

Como se menciona en las secciones 2.5.3 y 3.4.3.1, se realiza el análisis de sensibilidad con el fin de encontrar los valores máximos o mínimos (según sea el caso) para el precio del bono de carbono, el precio del bus eléctrico, la tasa de interés del préstamo del Escenario 2, la tarifa del bus y el precio de la energía. El resumen de los datos del caso base (análisis a 10 años) para el análisis de sensibilidad se presenta en la Tabla 18.

Los resultados de este análisis se presentan en la Tabla 19, para ver con mayor detalle los resultados anteriormente mencionados diríjase la hoja “Análisis sensibilidad” del archivo de Excel que se presenta en el Anexo 3. Evaluación financiera.

Tabla 18. Resumen de los datos del caso base para el análisis de sensibilidad

Parámetros		Caso base		
		Bus Diésel	Bus Eléctrico	ONG
Precio del bus	USD		\$193.000	-
	COP	\$166.135.000	\$547.155.000	-
Precio del bono de carbono	COP/tCO ₂	-	-	\$9.000
Precio de la energía	COP/kWh	-	\$440	-
Tasa de interés del préstamo		14,14%	14,14%	-
TMR Dólar	COP/USD	\$2.835	\$2.835	-
Tarifa del bus	COP/pasajero	-	\$3.550	-
VPN sin pago ONG	COP	-	-\$220.162.586	-
TIR sin pago ONG		-	1,42%	-
VPN real	COP	\$370.012.600	-\$187.198.042	\$45.925.864
TIR real		47,13%	2,91%	-

Tabla 19. Resultados del análisis de sensibilidad de las variables seleccionadas

Parámetros		Cambio del precio del bono de carbono		Cambio del precio del bus eléctrico		Cambio de la tasa de interés del préstamo		Cambio de la tarifa del bus		Cambio del precio de la energía	
		Bus Eléctrico	ONG	Bus Eléctrico	ONG	Bus Eléctrico	ONG	Bus Eléctrico	ONG	Bus Eléctrico	ONG
Precio del bus	USD	\$ 193.000	-	\$ 157.055	-	\$ 193.000	-	\$ 193.000	-	\$ 193.000	-
	COP	\$ 547.155.000	-	\$ 445.250.310	-	\$ 547.155.000	-	\$ 547.155.000	-	\$ 547.155.000	-
Precio del bono de carbono	COP/tCO ₂	-	\$60.109	-	\$ 9.000	-	\$ 9.000	-	\$ 9.000	-	\$ 9.000
Precio de la energía	COP/kWh	\$ 440	-	\$ 440	-	\$ 440	-	\$ 440	-	\$ 95	-
Tasa de interés del préstamo		14,14%	-	14,14%	-	9,75%	-	14,14%	-	14,14%	-
TMR Dólar	COP/USD	\$ 2.835	-	\$ 2.835	-	\$ 2.835	-	\$ 2.835	-	\$ 2.835	-
Tarifa del bus	COP/pasajero	\$ 3.400	-	\$ 3.400	-	\$ 3.400	-	\$ 4.133	-	\$ 3.550	-
VPN sin pago ONG	COP	-\$ 220.162.586	-	\$ -	-	-\$ 0	-	\$ -	-	\$ -	-
TIR sin pago ONG		1,42%	-	10,48%	-	5,90%	-	10,48%	-	10,48%	-
VPN real	COP	\$ - 306.728.249	\$ 32.964.544	\$ 45.925.864	\$ 40.993.011	\$ 45.925.864	\$ 32.964.544	\$ 45.925.864	\$ 32.964.544	\$ 45.925.864	\$ 45.925.864
TIR real		10,48%	-	11,97%	-	7,25%	-	11,70%	-	11,70%	-

De acuerdo con los resultados de sensibilidad, para que el VPN después del aporte de la ONG “VPN real” del Escenario 2 sea cero:

- El precio mínimo del bono de carbono debe ser \$ 60.109 COP/tCO₂.

Conforme con los resultados de sensibilidad, para que el VPN antes del aporte de la ONG “VPN real” del Escenario 2 sea cero:

- El precio máximo del bus debe ser de \$157.055 USD;
- la máxima tasa de interés del préstamo tendría que ser 9,75%;
- la tarifa mínima del bus debería ser de \$4.133 COP por pasajero; o
- el precio de la energía debería ser -\$95 COP/kWh. Este resultado negativo indica que, bajo las condiciones iniciales del modelo, no existe un precio de la energía por encima de \$ 0 COP que haga que el VPN del Escenario 2 sea cero.

De lo anterior, las oportunidades más factibles son la tasa de interés del préstamo del 9,75% y la tarifa del bus de \$4.133 COP/pasajero. El primero es factible debido a que actualmente los bancos tienen incentivos en la tasa de interés de los préstamos para tecnologías limpias por lo que es factible lograr esta tasa. Mientras que el segundo es porque es una tarifa competitiva frente a los precios del mercado; teniendo como referencia una tarifa de \$4.600 COP por pasajero usando dos medios de transporte uno desde la estación del metro de Exposiciones hasta la glorieta Sancho Paisa del Alto de las Palmas y otro desde este punto hasta la Universidad EIA.

3.4.3.3.1 La mejor opción

Juntando las dos oportunidades más factibles (la tasa de interés del préstamo del 7,74% y la tarifa del bus de \$4.401 COP/pasajero) derivadas del análisis de sensibilidad anteriormente expuesto los resultados que arroja el modelo son los que se presentan en la Tabla 20.

Tabla 20. Resultados del escenario más favorable de acuerdo con el análisis de sensibilidad

Escenarios	Parámetros	Más favorable	
		10 años	15 años
Bus a Diesel	VPN	\$370.012.600 COP	\$604.098.681 COP
	TIR	47,13%	48,72%
Bus eléctrico	VPN sin pago ONG	\$274.164.289 COP	\$928.240.301 COP
	TIR sin pago ONG	14,29%	20,56%
	VPN Real	\$315.157.300 COP	\$986.720.269 COP
	TIR real	15,44%	21,42%
ONG	VPN	\$45.925.864 COP	\$68.888.796 COP

Acorde con esto, se puede evidenciar que el proyecto del cambio de tecnología propuesto en el caso del panorama de 10 años podría ser viable por sí solo sin el aporte de los bonos de carbono obteniendo una TIR del 14,29% y un VPN de \$274.164.289 COP. Con estos valores se puede concluir que el proyecto ya sería competitivo y atractivo financieramente para las empresas del sector transporte al compara estos resultados con el VPN y la TIR del Escenario 1 (bus diésel).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

4 CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES

Según la investigación realizada sobre los incentivos normativos, tributarios y no tributarios se encuentra que efectivamente existen incentivos para el planteamiento de negocio que se propone en este trabajo de grado; la mayoría ya han sido reglamentados sin embargo, todavía hacen falta acciones en materia de reglamentación o implementación de estrategias como el Registro Nacional de Reducción de las Emisiones de Gases Efecto Invernadero, el impuesto al carbono y la metodología de certificación de los bonos de carbono de proyectos de desarrollo bajos en carbono de pequeña y micro escala.

El modelo de negocio de Strategyzer propuesto en este trabajo de grado si bien es para el caso de estudio seleccionado, puede llevarse a una escala general que aplique para cualquier caso de estudio, por ejemplo, en una ruta de transporte público de pasajeros del Valle de Aburrá. Se debe aclarar que, aunque el caso de estudio se haya acotado al transporte especial de pasajeros, el modelo puede adaptarse a cualquier empresa de transporte que quiera realizar el cambio de tecnología propuesto; en tal caso se deberían replantear los bloques “Canales” y “Relaciones con los clientes”.

Es importante tener en cuenta que la selección de la tecnología de bus eléctrico a implementar y el cálculo de la reducción de emisiones deben ser estudiadas para cada caso en particular; por lo que, de ser implementada la metodología de este trabajo de grado en otros casos de estudio, se debe tener especial cuidado y atención en los datos operacionales de la ruta que son críticos para estas dos secciones.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la evaluación financiera del caso de estudio y teniendo en cuenta las consideraciones que se tuvieron en cuenta para el desarrollo de esta, se concluye que es no viable la posibilidad de cubrir parte de la diferencia que existe entre la compra de un bus eléctrico y un bus diésel con la venta de bonos de carbono a partir de mercados voluntarios.

Sin embargo, al considerar los resultados del análisis de sensibilidad, se identifican dos oportunidades de lograr que la propuesta de este proyecto pueda ser viable financieramente. La primera es consiguiendo una tasa de interés del préstamo de 7,74%, en este caso la empresa que realice la inversión en el bus eléctrico pagaría la deuda, sería dueña del activo y tendría como ganancia los bonos de carbono. La segunda es llevando la tarifa del bus a \$4.401 COP por pasajero obteniendo los mismos beneficios que la anterior.

En ambas oportunidades se recomienda que sea la Universidad EIA la que realice la inversión en el bus eléctrico, bien sea con patrimonio propio o a través de aliados estratégicos como empresas del sector energético que estén interesadas en temas de sostenibilidad, compensación de la huella de carbono y la promoción de este mercado. Para el caso del aumento de la tarifa del bus a \$4.401 COP por pasajero, se recomienda que la Universidad EIA asuma la diferencia entre el valor actual de la tarifa y la tarifa propuesta para no recargarle al estudiante este excedente.

Cabe resaltar que el cambio en variables como: (a) ingresos anuales por pasajeros, (b) la tasa de interés del préstamo, (c) el costo de la energía, (d) el precio de los bonos de carbono

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

y (d) el precio del bus, afectan directamente los resultados del modelo, por ello, en caso de replicarse la experiencia realizando cambios en una o más de estas variables cambia el resultado final del modelo. Además, que el hecho de que para este caso de estudio el resultado de la implementación de la estrategia haya sido negativa, esto no implica que para otros casos de estudio el resultado sea el mismo.

Se debe considerar que dentro de la evaluación financiera del caso de estudio no se incluyeron los gastos del proceso de verificación y validación de los bonos de carbono debido a que, en Colombia, a pesar de que existe una guía para la formulación y evaluación de proyectos de desarrollo bajo en carbono que no apliquen para ser NAMA, esta no permite estimar el costo del proceso ni fue posible conseguir un precio estimado con la autoridad competente. Además, según lo especificado en la norma ISO 14064, para la escala del proyecto que se propone no sería necesario este proceso.

Tampoco se tuvieron en cuenta los ingresos por el acompañamiento durante el cambio de tecnología (comisiones), por las razones mencionadas en la sección 2.5.3. De acuerdo con el modelo Canvas de Strategyzer propuesto en este trabajo de grado estos ingresos deberían cubrir los gastos administrativos de la operación de la ONG, al no incluirlos dentro del análisis financiero no es posible concluir si se cumpliría este objetivo o no y si habría un excedente que se pudiera añadir al cubrimiento de la diferencia en CAPEX entre las dos tecnologías o si faltaría dinero para la operación de la ONG.

Otras oportunidades de ingresos identificadas al realizar la evaluación financiera para la ONG que podrían ser destinados a cubrir la diferencia en CAPEX de las dos tecnologías son: patrocinios, teniendo en cuenta los posibles aliados estratégicos del modelo Canvas de Strategyzer propuesto; el valor de salvamento de la batería del bus eléctrico; y el impuesto al carbono.

Finalmente, este proyecto demuestra ser atractivo no solo desde el punto de vista financiero, sino que también lo es en términos ambientales porque ayuda a mitigar el cambio climático reduciendo la cantidad de contaminantes emitidos a la atmósfera; en términos sociales porque mejora la calidad de vida y salud de los ciudadanos, crea conciencia e influye en la toma de decisiones de los mismos; y contribuye al desarrollo sostenible de las ciudades.

Se recomienda como trabajos futuros (a) plantear labores sociales de sensibilización con los diferentes actores involucrados y las comunidades impactadas con el proyecto; (b) realizar análisis de costo-beneficio para el tema de mitigación del cambio climático y salud pública; (c) proponer estudios de la disponibilidad a pagar de los pasajeros que utilicen las rutas de transporte que operen con buses eléctricos. También, incluir dentro del modelo de negocio y la evaluación financiera (a) gastos por la validación y verificación de los bonos de carbono, (b) los ingresos por comisiones para la ONG, (c) el valor de salvamento de la batería del bus eléctrico y su manejo y disposición, (d) el impuesto al carbono, (e) la posibilidad de que haya ingresos por patrocinios, (f) el proceso de chatarrización de los buses a diésel que sean reemplazados por los buses eléctricos y (g) identificar eexternalidades positivas generadas por la mejora en la calidad del aire, salud y calidad de vida de los ciudadanos

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

REFERENCIAS

- AMVA-UPB. (2015). *Inventario de emisiones atmosféricas del Valle de Aburrá, actualización 2015*. Medellín. Recuperado a partir de http://www.metropol.gov.co/CalidadAire/isdocConvenio243/Informe_Inventario_emisiones_2015.pdf
- AMVA. (2017). Calidad del aire en el Valle de Aburrá. Medellín, Colombia. Recuperado a partir de <http://www.elcolombiano.com/antioquia/foro-por-un-valle-de-aburra-con-aire-limpio-HY6357559>
- AMVA, & Clean Air Institute. (2017). *ESTRATEGIAS AMBIENTALES INTEGRADAS*. Washington D.C. Recuperado a partir de http://www.metropol.gov.co/pigeca/PIGECA_Aprobado_Dic_2017.pdf
- AUTO-CHE. (2018). Higer KLQ6129GEV Electric city bus. Recuperado 15 de febrero de 2018, a partir de <http://auto-che.com/v/klq/klq6129gev-262-higer.html>
- Banco de la República, C. (2018). Índice de precios del productor (IPP). Recuperado 13 de marzo de 2018, a partir de <http://www.banrep.gov.co/es/ipp>
- BanCO2. (2017a). Componente Financiero. Medellín: MASBOSQUES. Recuperado a partir de <http://www.masbosques.org.co/application/files/3115/1076/7264/Componente-Financiero.pdf>
- BanCO2. (2017b). *Manual metodológico para la implementación de BanCO2*.
- BanCO2, & ICONTEC. (2017). Generalidades de los Proyectos Forestales de Carbono. Medellín: Masbosques. Recuperado a partir de <http://www.masbosques.org.co/application/files/7615/1188/5066/Generalidades-Proyectos-ICONTEC.pdf>
- Bancolombia. (2018). Simulador Canon Financiero Empresas. Recuperado 2 de marzo de 2018, a partir de <https://www.grupobancolombia.com/wps/portal/empresas/productos-servicios/leasing/otros-activos/simulador-canon-financiero#%23resultado>
- Brinkhoff, T. (2017). Major Agglomerations of the World. Recuperado a partir de <http://www.citypopulation.de/world/Agglomerations.html>
- BYD. (2015). The 40-ft Electric Transit Bus -affordable, dependable and ready to roll. Recuperado a partir de http://www.byd.com/na/ebus/download/brochure/BYD_40ft.pdf
- BYD. (2016). BYD eBus Andino - 18. Bogotá.
- BYD. (2017). BYD ebus , electric bus | Auto | BYD. Recuperado 15 de febrero de 2018, a partir de <http://www.byd.com/la/auto/es/ebus.html#features>
- conTREEbute. (2017). Solucionamos retos de sostenibilidad. Recuperado 20 de noviembre

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

de 2017, a partir de <https://www.contreebute.com.co/>

DANE. (2018). Índice de Precios al Consumidor (IPC). Recuperado 13 de marzo de 2018, a partir de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/precios-y-costos/indice-de-precios-al-consumidor-ipc>

Diesel Andino. (2018). Bus FRR hasta 40 pasajeros // Buses y Camiones Chevrolet Diesel Andino Medellín Antioquia Colombia. Recuperado 7 de marzo de 2018, a partir de <https://www.dieselandino.com/buses-chevrolet/bus-frr-hasta-40-pasajeros/>

DolarWeb. (2018). Dolar Historico del Año 2018 en Colombia. Recuperado 2 de marzo de 2018, a partir de <https://dolar.wilkinsonpc.com.co/dolar-historico/dolar-historico-2018.html>

El Tiempo. (2016, marzo 30). Bus eléctrico se le mide a las calles de Medellín. *Archivo Digital*. Recuperado a partir de <http://m.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16549869>

EPA. (2014). Global, Regional, and National Fossil-Fuel CO2 Emissions. Recuperado 16 de noviembre de 2017, a partir de <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>

Federación Nacional de Cafeteros. (s. f.). ¿Qué es BanCO2? Recuperado 15 de noviembre de 2017, a partir de https://risaralda.federaciondefcafeteros.org/buenas_noticias/que_es_banco2/

Grupo Éxito. (2010). *Desarrollo Sostenible | Memoria 2010*. Medellín. Recuperado a partir de <https://www.grupoexito.com.co/phocadownload/informes-sostenibilidad/informe-de-sostenibilidad-2010.pdf>

Gurjar, B. R., Butler, T. M., Lawrence, M. G., & Lelieveld, J. (2008). Evaluation of emissions and air quality in megacities. *Atmospheric Environment*, 42(7), 1593–1606. <http://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2007.10.048>

Higer. (2016). KLQ6832GEV. Higer.

ICONTEC. (2016). Guía Técnica Colombiana para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Desarrollo Bajo en Carbono. Bogotá, Colombia: ICONTEC.

IDEAM, PNUD, MADS, DNP, & CANCELLERÍA. (2016). *Inventario Nacional y Departamental de Gases Efecto Invernadero – Colombia*. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. Bogotá, Colombia. Recuperado a partir de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023634/INGEI.pdf>

International Emissions Trading Association [IETA]. (s. f.). *Carbon Offsets Overview Americans*. Recuperado a partir de http://www.unepfi.org/fileadmin/training/climate/ieta_offsets.pdf

ISO. (2006). ISO 14064 Gases de efecto invernadero. Recuperado 18 de mayo de 2018, a

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

partir de <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14064:-1:ed-1:v1:es>

Junta del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2016). ACUERDO METROPOLITANO N° 15. Medellín, Colombia. Recuperado a partir de <http://www.metropol.gov.co/Documents/AcuerdoN15.PDF>

Kollmuss, A., Zink, H., & Polycarp, C. (2008). *Making Sense of the Voluntary Carbon Market: A Comparison of Carbon Offset Standards*. WWF Germany. Recuperado a partir de [http://www.globalcarbonproject.org/global/pdf/WWF_2008_A comparison of C offset Standards.pdf](http://www.globalcarbonproject.org/global/pdf/WWF_2008_A%20comparison%20of%20Carbon%20Offset%20Standards.pdf)

Lopera Gomez, A., & Ortega Arango, S. (2016). *CUANTIFICACIÓN DE LAS EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO EN EL VALLE DE ABURRÁ*. Universidad EIA.

MADS, GIZ, & WRI. (2017). *Documento Nacional del Sistema de Monitoreo Reporte y Verificación MVR para Colombia* (No. 2.0). Bogotá. Recuperado a partir de [http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosMarinosCosterosyRecursosAcuatico/ Documento_MRV_Nacional_Consolidado__Julio_2017_V_FINAL_2_0.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosMarinosCosterosyRecursosAcuatico/Documento_MRV_Nacional_Consolidado__Julio_2017_V_FINAL_2_0.pdf)

Mayer, H. (1999). Air Pollution in Cities. *Atmospheric Environment*, 33(24–25), 4029–4037. [http://doi.org/10.1016/S1352-2310\(99\)00144-2](http://doi.org/10.1016/S1352-2310(99)00144-2)

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). Mecanismos de Desarrollo Limpio - MDL. Recuperado 21 de mayo de 2018, a partir de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/466-mecanismos-de-desarrollo-limpio-mdl>

Ministerio de Interior. (2012, diciembre 27). Diario oficial N°48.656. *Imprenta Nacional*, p. 324. Bogotá. <http://doi.org/0122-2112>

Ministerio de Minas y Energía (MME), & Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). (2016). PLAN DE ACCIÓN INDICATIVO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA 2017-2022. Bogotá: UPME.

Ministerio de Transporte. (2017). “Por un Valle de Aburrá con Aire Limpio” Foro EL COLOMBIANO. Envigado, Colombia. Recuperado a partir de <http://www.elcolombiano.com/antioquia/foro-por-un-valle-de-aburra-con-aire-limpio-HY6357559>

National Treasury. (2014). *Carbon Offsets Paper*. (National Treasury, Ed.). South Africa. Recuperado a partir de [http://www.treasury.gov.za/public comments/CarbonOffsets/2014042901 - Carbon Offsets Paper.pdf](http://www.treasury.gov.za/public%20comments/CarbonOffsets/2014042901%20Carbon%20Offsets%20Paper.pdf)

Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2010). *Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers*. *A handbook for visionaries, game changers, and challengers*. <http://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0307-10.2010>

Ramseur, J. (2009). *Voluntary Carbon Offsets: Overview and Assessment*. U.S.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Recuperado a partir de
<https://pdfs.semanticscholar.org/ef46/3a5662a8744c7622aca1f1fddae15456f5b0.pdf>

Rangaraju, S., De Vroey, L., Messagie, M., Mertens, J., & Van Mierlo, J. (2015). Impacts of electricity mix, charging profile, and driving behavior on the emissions performance of battery electric vehicles: A Belgian case study. *Applied Energy*, 148, 496–505. <http://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.01.121>

Responsible Purchasing Network, & Carbon Fund. (2009). Carbon Offset Guide – Responsible Purchasing Guide for Carbon Offsets. Carbon Fund. Recuperado a partir de http://www.responsiblepurchasing.org/purchasing_guides/carbon_offsets/purchasing_guide.pdf

SendeCO2. (2018). Precios CO2. Recuperado 10 de abril de 2018, a partir de <https://www.sendeco2.com/es/precios-co2>

Stockholm Environment Institute [SEI], & Greenhouse Gas Management Institute [GHG]. (2011a). Offset Markets. Recuperado 20 de noviembre de 2017, a partir de <http://www.co2offsetresearch.org/consumer/MarketIntro.html>

Stockholm Environment Institute [SEI], & Greenhouse Gas Management Institute [GHG]. (2011b). Offset Protocols, Programs, Registries & Standards. Recuperado 20 de noviembre de 2017, a partir de <http://www.co2offsetresearch.org/policy/StandardsPrograms.html>

Stockholm Environment Institute [SEI], & Greenhouse Gas Management Institute [GHG]. (2011c). Offset Standards. Recuperado 20 de noviembre de 2017, a partir de <http://www.co2offsetresearch.org/consumer/Standards.html>

Stockholm Environment Institute [SEI], & Greenhouse Gas Management Institute [GHG]. (2011d). Voluntary Offset. Recuperado 20 de noviembre de 2017, a partir de <http://www.co2offsetresearch.org/policy/VoluntaryStd.html>

Sunlong. (2017). ESPECIFICACIONES BUS SUNLONG ELECTRICO SLK6903 EV.

Ubilla, C., & Yohannessen, K. (2017). CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EFECTOS EN LA SALUD RESPIRATORIA EN EL NIÑO. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 28(1), 111–118. <http://doi.org/10.1016/j.rmcl.2016.12.003>

UN. (2012, diciembre 7). Introduction of low-emission vehicles to commercial vehicle fleets. Recuperado a partir de <http://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/CAEL7OU5NIMXWM9E4RU2C4MV9WHXJN>

UN. (2014a). Emissions Trading. Recuperado 28 de enero de 2018, a partir de http://unfccc.int/kyoto_protocol/mechanisms/emissions_trading/items/2731.php

UN. (2014b). Los mecanismos de Kyoto. Recuperado 20 de noviembre de 2017, a partir de

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

http://unfccc.int/portal_espanol/informacion_basica/protocolo_de_kyoto/organizacion/mecanismos/items/6219.php

UN. (2015, abril 16). Emission reductions by electric and hybrid vehicles. Recuperado a partir de http://cdm.unfccc.int/filestorage/S/7/3/S73YUV5QDKMBCGOIZFW2T06PLN1J4R/EB83_repan09_AMS-III.C_ver 15.0.pdf?t=UIZ8b3p6dHBzfDBRVzgLdDoJVbJIQrkz47rc

UN. (2016). *CDM-Methodology / Booklet fullversion* (eighth). Framework Convention on Climate Change. Recuperado a partir de http://cdm.unfccc.int/methodologies/documentation/1611/CDM-Methodology-Booklet_fullversion.pdf

UNFCCC. (2006a). BRT Bogotá, Colombia: TransMilenio Phase II to IV. Recuperado 20 de noviembre de 2017, a partir de <http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/DNV-CUK1159192623.07/view>

UNFCCC. (2006b). BRT Metroplus Medellin, Columbia. Recuperado 21 de mayo de 2018, a partir de <http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/SQS1324991317.69/view>

UNFCCC. (2012a). CDM: BRT Transmetro Barranquilla, Colombia. Recuperado 20 de noviembre de 2017, a partir de <http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/Germanischer1323847860.5/view>

UNFCCC. (2012b). CDM: MEGABUS, Pereira, Colombia. Recuperado 20 de noviembre de 2017, a partir de <http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/DNV-CUK1338956384.54/view>

UNFCCC. (2012c). CDM: MIO Cali, Colombia. Recuperado 20 de noviembre de 2017, a partir de <http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/DNV-CUK1330665258.52/view>

UNFCCC. (2013). CDM: Cable Cars Metro Medellín, Colombia. Recuperado 20 de noviembre de 2017, a partir de <http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/TUEV-SUED1260805836.78/view>

UNFCCC. (2018). CDM: Project Activities. Recuperado 21 de mayo de 2018, a partir de <http://cdm.unfccc.int/Projects/projsearch.html>

Unidad de Planeación Minero Energética. (2016). *FACTORES DE EMISION DEL SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL COLOMBIA- SIN*. Recuperado a partir de <http://www.siame.gov.co/Inicio/Cálculofactordeemisión/tabid/77/Default.aspx>

WHO. Ambient Air Pollution Database, WHO (2016). World Health Organization. Recuperado a partir de http://www.who.int/gho/phe/outdoor_air_pollution/en/

WHO. (2017). WHO Global Urban Ambient Air Pollution Database (update 2016). Recuperado 27 de octubre de 2017, a partir de http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/cities/en/

ZeEUS. (2014). Home – ZeEUS – Zero Emission Urban Bus System. Recuperado 20 de

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

noviembre de 2017, a partir de <http://zeeus.eu/>

ZeEUS. (2016). *ZeEUS eBus Report | An overview of electric buses in Europe*. Recuperado a partir de <http://zeeus.eu/uploads/publications/documents/zeeus-ebus-report-internet.pdf>

Zuluaga, C. M. (2014). *BanCO2, pago por servicios ambientales*. FLACO. Medellín. Recuperado a partir de http://biblioteca.colanta.com.co/pmb/opac_css/doc_num.php?explnum_id=731

Zuluaga Gómez, C. M. (2010). *INFORME DE GESTIÓN 2010*. Recuperado a partir de http://www.cornare.gov.co/Visibilidad_y_transparencia/InfoGestion/presentacion/InfoGestion2010.pdf

ANEXOS

ANEXO 1. CÁLCULO DE LA REDUCCIÓN DE EMISIONES UTILIZANDO LA METODOLOGÍA AMS-IIIC DE LA UNFCCC

ANEXO 2. MODELO CANVAS DE STRATEGYZER

ANEXO 3. EVALUACIÓN FINANCIERA